

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Luka Kasap**

Zagreb, 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

Prof. dr. sc. Zvonko Herold

Luka Kasap

Zagreb, 2013.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svome mentoru, prof. dr. sc. Zvonku Heroldu te Matiji Hoiću, mag. ing. mech., na ukazanom povjerenju, strpljenju i danim savjetima i uputama. Zahvaljujem se svojoj obitelji i svojoj djevojci na podršci tijekom pisanja rada.

Luka Kasap

**SADRŽAJ**

1 UVOD .....	1
2 IZBOR BROJA UŽNICA I OSNOVNE KARAKTERISTIKE KOLOTURNIKA.....	3
2.1 Prijenosni omjer koloturnika .....	3
2.2 Faktor iskorištenja koloturnika u radnom stanju .....	4
3 DIMENZIONIRANJE UŽETA.....	5
3.1 Sila u užetu koje se namata na bubanj .....	6
3.2 Dimenzioniranje užeta.....	6
3.3 Provjera užeta.....	7
4 IZBOR KUKE.....	8
4.1 Veličina kuke.....	8
4.2 Kontrola naprezanja u vratu kuke .....	10
4.3 Kontrola naprezanja u presjeku A-B pomoću zamjenskog trapeza.....	12
4.4 Izbor matice kuke i nosača kuke.....	15
4.5 Provjera naprezanja nosača kuke.....	16
4.6. Provjera površinskog pritiska lamela.....	17
4.7 Provjera nosivosti aksijalnog ležaja 51226.....	18
5 DIMENZIONIRANJE I IZBOR UŽNICE.....	19
5.1 Promjer užnice.....	19
5.2 Provjera osovine užnice.....	20
5.3 Provjera površinskog pritiska nosećih limova osovine užnice.....	21
5.4 Dimenzioniranje valjnih ležajeva .....	22
5.5 Užnica za izravnavanje.....	23
5.6 Promjer osovine izravnavajuće užnice .....	23
6 BUBANJ .....	25
6.1 Promjer bubnja.....	25
6.2 Proračun stjenke bubnja .....	27
6.3 Debljina čelne ploče bubnja .....	29
6.4 Veza čelne ploče i bubnja .....	30
6.5 Kontrola vijčane veze čelične ploče i bubnja.....	31
6.6 Proračun osovine bubnja.....	33
6.7 Veza užeta s bubnjem.....	34
6.8 Kontrola vijčane veze užeta s bubnjem .....	35
7 ODABIR MOTORA ZA DIZANJE.....	38
7.1 Snaga motora .....	38

7.2 Provjera kočnice motora .....	40
8 MEHANIZAM ZA VOŽNJU .....	43
8.1 Proračun kotača vitla .....	43
8.2 Izbor motora za vožnju .....	45
8.3 Provjera motora za vožnju .....	47
8.4 Provjera snage motora obzirom na proklizavanje.....	49
8.5 Provjera kočnice motora .....	52
9 PRORAČUN NOSIVE KONSTRUKCIJE VITLA .....	53
9.1 Profil UPN 280 .....	53
9.2 Pravokutna cijev 300x150 .....	54
9.3 Provjera kritičnih zavora nosive konstrukcije vitla .....	56
10 ZAKLJUČAK.....	62
11 LITERATURA .....	63
12 PRILOG .....	64

## POPIS SLIKA

Slika 1. Toranjski okretni granik.....	1
Slika 2. Mosni granik.....	2
Slika 3. Vitlo mosnog granika .....	2
Slika 4. Udvojeni faktorski koloturnik s dvije užnice .....	3
Slika 5. Spiralna i pramena užad.....	5
Slika 6. Smjerovi pletenja pramenih užadi .....	5
Slika 7. Sklop jednokrake kuke .....	8
Slika 8. Oznake mjera slobodno kovane jednokrake kuke .....	9
Slika 9. Obrađeni vrat kuke .....	10
Slika 10. Navoji kuke .....	11
Slika 11. Zamjenska trapezna površina presjeka slobodno kovane kuke.....	12
Slika 12. Matice teretnih kuka .....	15
Slika 13. Nosač kuke .....	15
Slika 14. Nosač kuke kao greda s dva oslonca .....	16
Slika 15. Ležaj 51226.....	18
Slika 16. Profil užnice .....	19
Slika 17. Sklop kuke .....	20
Slika 18. Prikaz opterećenja osovine užnice .....	20
Slika 19. Oblik i mjerna skica užnice .....	22
Slika 20. Izravnavajuća užnica .....	23
Slika 21. Osnovne mjere žljeba.....	25
Slika 22. Naprezanje elemenata stjenke bubnja .....	27
Slika 23. Primjer konstrukcijske izvedbe bubnja .....	30
Slika 24. Prikaz sila na vitlu .....	53
Slika 25. Prikaz sila na pravokutnoj cijevi .....	54
Slika 26. Najveći moment na pravokutnoj cijevi .....	55
Slika 27. Proračunski presjek zavora.....	56
Slika 28. Prikaz djelovanja sile na nosače izravnavajuće užnice.....	59
Slika 29. Proračunski presjek zavora nosača izravnavajuće užnice .....	59
Slika 30. Vitlo mosnog granika .....	62

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Dimenzije jednokrake kuke .....	9
Tablica 2. Dimenzije vrata kuke .....	10
Tablica 3. Mjere matica teretnih kuka .....	15
Tablica 4. Mjere ovjesa i nosača kuke .....	15

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

LK-1000	Vitlo mosnog granika
LK-1000-100	Nosiva konstrukcija vitla
LK-1000-200	Sklop bubnja
LK-1000-200-10	Tijelo bubnja
LK-1000-200-10-10	Bubanj
LK-1000-200-10-9	Ploča bubnja tanka
LK-1000-200-10-8	Ploča bubnja debela
LK-1000-200-10-7	Osovina bubnja
LK-1000-200-10-6	Prsten bubnja
LK-1000-200-9	Sklop čeone ploče bubnja
LK-1000-200-9-10	Čeona ploča bubnja
LK-1000-200-9-9	Glavina bubnja
LK-1000-200-8	Veza užeta s bubnjem
LK-1000-300	Sklop kuke
LK-1000-300-10	Nosač kuke
LK-1000-300-9	Matica kuke
LK-1000-300-8	Noseći lim kuke
LK-1000-300-7	Osovina užnice
LK-1000-300-6	Sklop užnice kuke
LK-1000-300-6-10	Užnica
LK-1000-300-6-9	Poklopac ležaja na užnici
LK-1000-300-6-8	Tuljak
LK-1000-300-5	Bočni lim sklopa kuke
LK-1000-300-4	Pločica za osiguranje nosača kuke
LK-1000-300-3	Osiguravajuća pločica kuke
LK-1000-400	Sklop izravnavajuće užnice
LK-1000-400-10	Izravnavajuća užnica
LK-1000-400-9	Noseći lim izravnavajuće užnice
LK-1000-400-8	Osovina izravnavajuće užnice
LK-1000-400-7	Klizni ležaj izravnavajuće užnice
LK-1000-500	Sklop oslonca bubnja
LK-1000-500-10	Oslonac bubnja
LK-1000-500-9	Oslonac bubnja vertikalni
LK-1000-500-8	Ukruta oslonca bubnja
LK-1000-600	Noseća osovina izravnavajuće užnice
LK-1000-700	Osiguravajuća pločica



## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$i_k$		prijenosni omjer koloturnika
$u_k$		broj nosivih užeta, broj užeta iznad kuke
$u_b$		broj užeta koja se namataju na bubanj
$\eta_{k,r}$		iskoristivost faktorskih koloturnika
$\eta_o$		iskoristivost jedne užnice
$F_{max}$	N	maksimalna sila u užetu koje se namata na bubanj
$Q_t$	kg	nosivost granika
$d$	mm	promjer užeta
$S$		faktor sigurnosti
$R_m$	N/mm <sup>2</sup>	lomna čvrstoća
$f$		faktor ispune užeta
$F_L$	N	sila loma užeta
$HV$		veličina kuke
$v_n$		faktor sigurnosti
$R_e$	N/mm <sup>2</sup>	granica tečenja
$\sigma_{vr}$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje najmanjeg promjera vrata kuke
$d_4$	mm	najmanji promjer vrata kuke
$\tau_n$	N/mm <sup>2</sup>	smično naprezanje u donjem navoju kuke
$d_5$	mm	najmanji promjer navoja vrata kuke
$h_3$	mm	uspon navoja
$b_{1t}$	cm	dimenzija zamjenskog trapeza
$b_{2t}$	cm	dimenzija zamjenskog trapeza
$h_{1t}$	cm	dimenzija zamjenskog trapeza
$A_t$	cm <sup>2</sup>	površina trapeza
$e_s$	cm	položaj središta presjeka
$r_n$	cm	položaj neutralne linije za trapez
$\sigma_1$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje kuke
$\sigma_2$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje kuke
$M_{max}$	Nmm	najveći moment
$l$	mm	dužina grede
$W$	mm <sup>3</sup>	moment otpora grede
$\sigma_{dop}$	N/mm <sup>2</sup>	dopušteno naprezanje
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje u nosaču kuke
$p$	N/mm <sup>2</sup>	površinski pritisak lamela
$p_{dop}$	N/mm <sup>2</sup>	dopušteni pritisak
$s$	mm	širina lamele
$D$	mm	promjer užnice
$b_p$		broj pregiba užeta
$c_p$		koeficijent pregibanja užeta, ovisan o broju pregiba
$W_{os}$	mm <sup>3</sup>	moment otpora osovine
$D_{izr}$	mm	promjer izravnavajuće užnice
$d_o$	mm	promjer osovine
$B$	mm	širina užnice
$t$	mm	širina nosivog lima
$t_1$	mm	distantna širina

$D_b$	mm	promjer bubnja
$H$	mm	visina dizanja
$l_r$	mm	radna dužina bubnja
$l_b$	mm	ukupna dužina bubnja
$l_n$	mm	dužina narezanog dijela bubnja
$\sigma_x$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje na mjestu namatanja užeta, normalno (od savijanja)
$\sigma_\varphi$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje na mjestu namatanja užeta, cirkularno (tlačno)
$W_b$	mm <sup>3</sup>	moment otpora poprečnog presjeka bubnja
$d_u$	mm	unutarnji promjer bubnja
$\sigma_f$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje uslijed savijanja
$F_h$	N	sila
$D_1$	mm	vanjski promjer glavine
$w$	mm	debljina ploče
$\mu$		faktor trenja
$d_7$	mm	promjer na kojem su vijci
$A_j$	mm <sup>2</sup>	površina vijka
$n$		broj vijaka
$F_N$	N	sila u vijku
$F_p$	N	sila prenaprezanja
$\sigma_{pr}$	N/mm <sup>2</sup>	prenaprezanje
$T_p$	Nmm	moment pritezanja
$P$	mm	uspon navoja
$d_2$	mm	srednji promjer navoja
$D_{sr}$	mm	srednji promjer površine glave
$\sigma_v$	N/mm <sup>2</sup>	vlačno naprezanje
$\tau_p$	N/mm <sup>2</sup>	torzijsko naprezanje
$d_3$	mm	unutarnji promjer navoja
$\sigma_{red}$	N/mm <sup>2</sup>	reducirano naprezanje
$F_v$	N	sila u užetu pred ulazom u vijčanu vezu
$F_n$	N	potrebna normalna sila u jednom vijku
$z$		potreban broj vijaka
$\alpha$		kut
$\mu_1$		faktor trenja
$\beta$	°	kut trapeznog žljeba
$l_v$	mm	razmak vijaka po obodu
$\gamma$	°	razmak vijaka po obodu
$P_{potr}$	kW	potrebna snaga motora za dizanje
$m_d$	kg	masa tereta
$v_d$	m/s	brzina dizanja
$\eta_{uk}$		ukupna korisnost
$\eta_R$		stupanj djelovanja reduktora
$\eta_B$		stupanj djelovanja bubnja
$\eta_K$		stupanj djelovanja kočnice
$v_b$	m/s	brzina bubnja
$\omega_b$	rad/s	kutna brzina bubnja
$n_b$	min <sup>-1</sup>	broj okretaja bubnja
$M_k$	Nmm	moment kočenja

$M_{st,k}$	Nmm	statički moment kočenja
$M_{din}$	Nmm	dinamički moment kočenja
$\omega_{EM}$	rad/s	kutna brzina motora
$n$	$\text{min}^{-1}$	broj okretaj motora
$\eta_k$		iskoristivost u kočnom stanju
$I_R$	$\text{kgm}^2$	moment inercije reducirane mase
$\varepsilon$	$\text{s}^{-2}$	konstantno kutno usporenje
$I_{rot}$	$\text{kgm}^2$	moment inercije rotirajućih masa
$I_{trans}$	$\text{kgm}^2$	moment inercije translacijske mase
$\beta$		faktor sigurnosti
$I_{EM}$	$\text{kgm}^2$	moment inercije elektromotora
$t_z$	s	vrijeme zaustavljanja
$F$	N	opterećenje kotača
$m_v$	kg	masa vitla
$D_K$	mm	promjer kotača
$p_d$	$\text{N/mm}^2$	tlak na tračnicama
$b_t$	mm	korisna širina glave tračnice
$k$	mm	širina glavine
$r_1$	mm	polumjer zaobljena
$k_1$		faktor za odabir kotača
$k_2$		faktor za odabir kotača
$k_3$		faktor za odabir kotača
$P_v$	W	potrebna snaga za ustaljenu vožnju
$F_v$	N	sila potrebna za svladavanje otpora vožnje
$F_p$	N	sila kod pokretanja
$\beta_v$		faktor sigurnosti
$t_p$	s	vrijeme pokretanja
$m_{tr}$	kg	masa vitla i tereta
$P_n$	W	nominalna snaga motora
$v_v$	m/s	brzina vožnje vitla
$F_n$	N	pripadna nominalna sila vožnje
$M_p$	Nmm	moment pokretanja
$M_{stat}$	Nmm	statički moment
$M_{din}$	Nmm	dinamički moment
$M_n$	Nmm	nazivni moment motora
$t_{min}$	s	minimalno vrijeme pokretanja vitla bez tereta
$\mu_A$		faktor trenja
$W_s$	N	otpor vožnje
$\beta_v$		faktor
$G_A$	N	težina
$G$	N	težina vitla bez tereta
$n_k$		broj kotača vitla
$n_p$		broj pogonskih kotača
$M_{po}$	Nmm	moment pokretanja kojim bi se vitlo ubrzalo za $t_{min}$
$M_{st,o}$	Nmm	moment pokretanja, statički
$W_{v,o}$	N	otpori ustaljene vožnje bez tereta
$M_{p,sr}$	Nmm	srednji moment pokretanja

$M_k$	Nmm	moment kočenja
$w$	N/N	specifičan otpor vožnje
$\eta_k$		stupanj korisnosti u kočnom stanju
$t_z$	s	potrebno vrijeme zaustavljanja

## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu prikazana je izrada konstrukcijskog rješenja, proračun konstrukcije te izrada tehničke dokumentacije potrebne za izradu vitla mosnog granika. Tražena nosivost svrstava vitlo u granično područje između izvedbi s koloturnikom prijenosnog omjera 4/2 i 8/2. Pri tome je konstrukcija vitla s prijenosnim omjerom vitla 4/2 jednostavnija iako su pojedine komponente većih dimenzija u odnosu na rješenje s prijenosnim omjerom 8/2. Također, izvedba s prijenosnim omjerom 4/2 je poželjniji izbor ukoliko je moguće izraditi komponente i kupiti odgovarajuće podsustave. Kako se rješenje s prijenosnim omjerom koloturnika 4/2 pokazala mogućim, odabrano je to rješenje.

Vitlo se vozi po tračnicama oslonjenim na dva glavna nosača mosnog granika koji se pretežito koristi u zatvorenom prostoru za dohvat tereta.

Za prikaz rješenja nosača izrađen je tro-dimenzijski model na temelju kojeg je izrađena tehnička dokumentacija.

## 1 UVOD

Granikom se naziva postrojenje koje diže i vodoravno prenosi teret. Visina dizanja može se mijenjati i obično iznosi samo nekoliko desetaka metara, a rijetko doseže više desetaka metara. Vodoravni prijenos također se može mijenjati, a ograničen je raspoloživim prostorom. Prenosi se gibanjem čitava granika ili glavnog dijela njegova postolja. Po tome se granik i razlikuje od *dizala* koje se ne giba vodoravno. Od naprava koje se nazivaju *prenosilima*, razlikuje se u tome što se njima visina tereta za vrijeme prijenosa ne može mijenjati. Navedene naprave, *granici*, *prenosila* i *dizala* služe za prijenos materijala i predmeta, te za rukovanje materijalima i predmetima, a iznimno i za prijevoz ljudi.

Granici se mogu razvrstati prema različitim kriterijima (mjesto i područje rada, način gibanja, oblik i dr.) pri čemu bi se mnogi granici mogli svrstati u više grupa. Opće vrste granika su: mosni granici, viseći granici, viseća električna prenosila, granici viljuškari, pokretni konzolni zidni granici, okretni zidni i stupni granici, portalni granici, građevinski granici, vozni granici i sl.



**Slika 1. Toranjski okretni granik, prema [6]**

Mosni granici služe uglavnom za transport sipkog materijala i predmeta unutar industrijskog pogona, za premetanje materijala i predmeta u skladištima, za transport u radionicama i montažnim halama, te za utovar i istovar željezničkih vagona i kamiona. Mosni granici sastoje se od mosta, vitla, strojnih sklopova i električnih uređaja. Na glavnim nosačima mosnog granika smještene su tračnice vitla granika. Krajevi glavnih nosača kruto su vezani na poprečne nosače u kojima su smješteni vozni kotači granika. Obično su samo polovica tih kotača vezana na pogonski mehanizam za vožnju. To su pogonski kotači, a ostali su slobodni kotači granika. Mostovi granika male nosivosti obično imaju samo jedan glavni nosač izrađen od valjanog željeza s profilom u obliku slova I. Granici s takvim mostovima upotrebljavaju se za nosivosti do 6,3 t i za raspone do 25 m. Za raspone veće od 12 m nisu baš prikladni zbog velikih mosnih progiba. Mostovi granika većih nosivosti obično imaju dva glavna nosača koji su napravljeni kao rešetkasti ili kao punostjeni nosači. Mosni granici pretežno imaju pogon elektromotorima. U novijim konstrukcijama primjenjuju se i hidraulički motori za vožnju i dizanje. Mosni granici danas se grade u veoma mnogo različitih izvedbi s obzirom na

konstrukciju, nosivost, visinu dizanja, brzinu dizanja i brzinu vožnje. Nosivost mosnih granika, tj. dopuštena maksimalna korisna masa na kuki granika, najčešće iznosi 3,2...50 t, a ponekad i do 500 t. Visine dizanja su pretežno 8...16 m, ali mogu biti niže i mnogo više. Uobičajene su brzine 0,03...0,5 m/s za dizanje, 0,25...1 m/s za vožnju vitla i 0,4...1,6 m/s za vožnju granika. S obzirom na različite predmete koje trebaju dizati, mosni granici imaju i različita sredstva za prihvaćanje tereta kao što su kuke, zahvatači, elektromagneti, kliješta, stezaljke i sl. [5]



**Slika 2. Mosni granik, prema [7]**

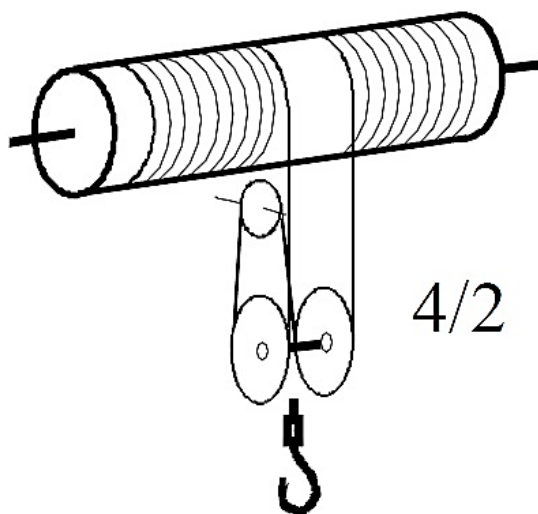
U pogonske mehanizme granika spadaju: mehanizmi za dizanje, mehanizmi za vožnju, mehanizmi za okretanje i mehanizmi za pomicanje dohvatnika. Mehanizmi za dizanje služe za dizanje, spuštanje i držanje tereta. Mogu se razvrstati na mehanizme serijske i na mehanizme pojedinačne proizvodnje ili u malim serijama (vitla za mosne granike, portalne granike, pretovarne mostove itd.). Prema vrsti pogona mehanizmi za dizanje mogu biti mehanički, hidraulički i pneumatski. Mehanički mehanizam za dizanje najčešće ima elektromotor koji preko reduktora pokreće bubanj za namatanje užeta ili tarna kola. Pojedinačni dijelovi mehanizma za dizanje smješteni su na okviru vitla. Okvir vitla je lake čelične konstrukcije, a na njemu se nalazi i mehanizam za vožnju vitla. Mehanizmi za vožnju služe za kretanje granika, odnosno vitla, ili općenito prenosila i dizala. Postoje različiti sustavi mehanizama za vožnju mosnih i portalnih granika.



**Slika 3. Vitlo mosnog granika, prema [8]**

## 2 IZBOR BROJA UŽNICA I OSNOVNE KARAKTERISTIKE KOLOTURNIKA

Zadan je udvojeni faktorski koloturnik za rad s kukom. Izbor broja užnica koji će se odabrati ovisi o nosivosti granika. Izvedba s dvije užnice (prijenosni omjer koloturnika 4/2) preporuča se za mase tereta do približno 30 t dok se za veće nosivosti, do otprilike 100 t, preporuča izvedba s 4 užnice (prijenosni omjer 8/2). Kako veći broj užnica podrazumijeva veći broj komponenti i potencijalne probleme s mimoilaženjem užadi kao i s brojnim pregibima koji uzrokuju smanjenje trajnosti užadi, odabrano je rješenje s dvije užnice.



Slika 4. Udvojeni faktorski koloturnik s dvije užnice

### 2.1 Prijenosni omjer koloturnika

Prijenosni omjer koloturnika određuje se prema izrazu

$$i_k = \frac{u_k}{u_b}, \quad (1)$$

gdje je vrijednost

$u_k = 4$ ; broj nosivih užeta, broj užeta iznad kuke

$u_b = 2$ ; broj užeta koja se namataju na bubanj

Uvrštavanjem u izraz (1) dobije se

$$i_k = \frac{4}{2} = 2. \quad (2)$$



## 2.2 Faktor iskorištenja koloturnika u radnom stanju

Iskoristivost faktorskih koloturnika određuje se prema izrazu

$$\eta_{k,r} = \frac{1}{i_k} \cdot \frac{1 - \eta_o^{i_k}}{1 - \eta_o}, \quad (3)$$

gdje je vrijednost

$i_k = 2$  prijenosni omjer koloturnika, prema poglavlju 2.1 izraz (2)

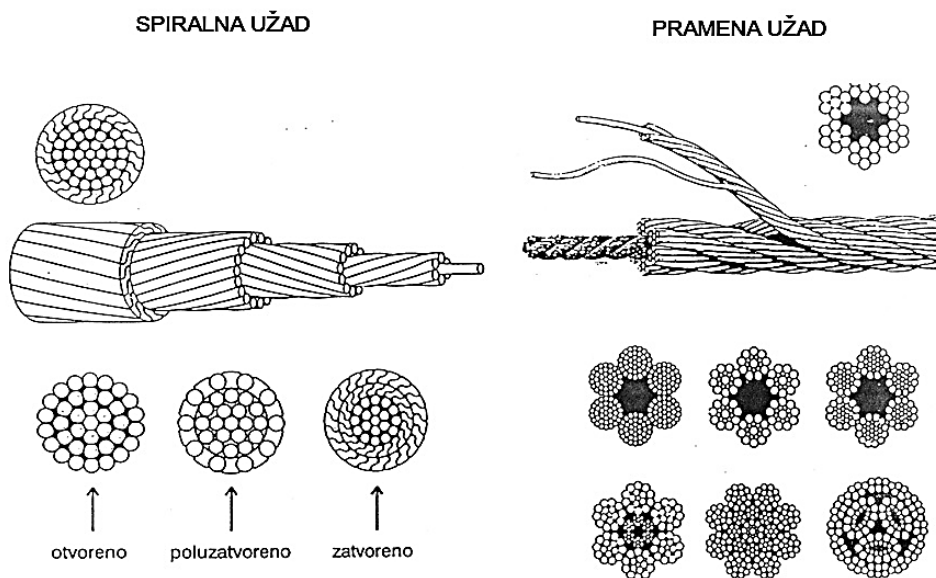
$\eta_o = 0,98$  iskoristivost jedne užnice, prema [1]

Uvrštavanjem u izraz (3) dobije se

$$\eta_{k,r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - 0,98^2}{1 - 0,98} = 0,99. \quad (4)$$

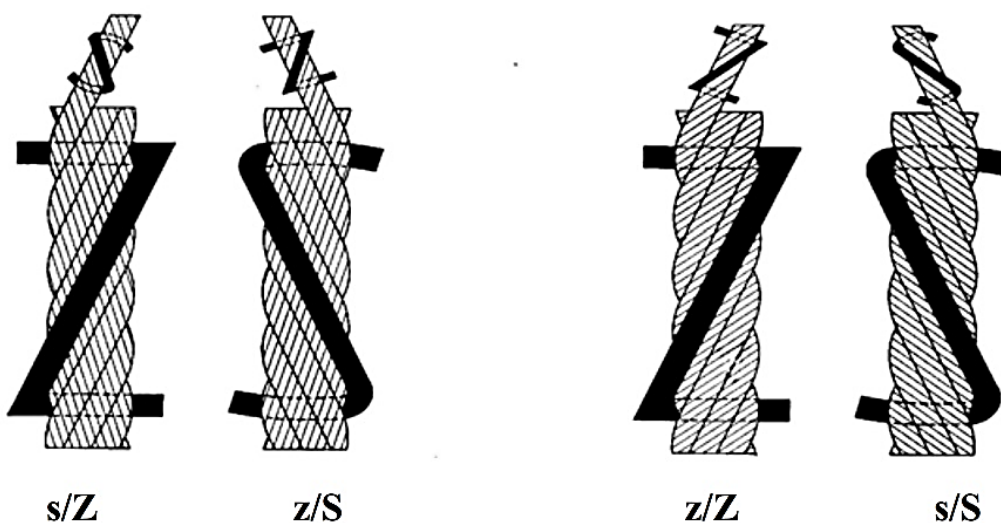
### 3 DIMENZIONIRANJE UŽETA

Uže je visoko opterećeni strojni element koji je pojmovno nerazdvojno vezan uz dizanje i prenošenje tereta. Prema svojim osnovnim značajkama materijalu, čvrstoći, trajnosti i području primjene razlikuju se žičana i vlaknasta užad. Žičana užad za prenosila i dizala izrađuju se iz žica, dok se vlaknasta užad plete iz prirodnih ili umjetnih materijala. [1]



Slika 5. Spiralna i pramena užad

U različitim fazama proizvodnje užadi definirana je oznaka smjera pletenja koje može biti desnovožno ili lijevovožno.



Slika 6. Smjerovi pletenja pramenih užadi

### 3.1 Sila u užetu koje se namata na bubanj

Maksimalna sila u užetu koje se namata na bubanj određuje se prema izrazu

$$F_{max} = \frac{Q_t \cdot g}{u_k \cdot \eta_{k,r}}, \quad (5)$$

gdje je vrijednost

$Q_t = 35t = 35000\text{kg}$  nosivost granika, zadano

$u_k = 4$ ; broj nosivih užeta, broj užeta iznad kuke

$\eta_{k,r} = 0,99$ ; iskoristivost faktorskih koloturnika, prema (4)

Uvrštavanjem u izraz (5) dobije se

$$F_{max} = \frac{35000 \cdot 9,81}{4 \cdot 0,99} = 86704,55\text{N}. \quad (6)$$

### 3.2 Dimenzioniranje užeta

Dimenzioniranje pokretne (pogonske) užadi provodi se za dva slučaja opterećenja, a to je kad imamo glavna i dodatna opterećenja.

Promjer užeta određuje se prema izrazu

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{f \cdot \pi \cdot R_m}} \cdot \sqrt{F_{max}}, \quad (7)$$

gdje je vrijednost

$S = 4,5$  faktor sigurnosti za pogonsku grupu 2m, prema [1], str. 88.

$R_m = 1570 \text{ N/mm}^2$  lomna čvrstoća žice

$f = 0,50$  faktor ispune za uže Warrington-Seale 6x36, DIN 3064,  $d = 12 \dots 56\text{mm}$ ; prema [1], str. 102. tablica 1,3-2

$F_{max} = 86704,55\text{N}$  maksimalna sila u užetu, prema (6)

Uvrštavanjem u izraz (7) dobije se

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,5}{0,50 \cdot \pi \cdot 1570}} \cdot \sqrt{86704,55} = 25,162\text{mm}. \quad (8)$$

Na osnovi rezultata odabrano je uže promjera  **$d = 26\text{mm}$** , prema [1], str. 101.

Oznaka užeta: Uže 26 HRN C.H1.072-ČJ-g1570 sZ-nrp

### 3.3 Provjera užeta

Provjeru užeta provodimo usporedbom maksimalne sile u užetu i sile loma užeta umanjenoj za odabranu sigurnost.

$$F_{max} \leq \frac{F_L}{S}, \quad (9)$$

gdje je vrijednost

$S = 4,5$  faktor sigurnosti za pogonsku grupu 2m, prema [1], str. 88.

$F_L$  sila loma užeta koja se određuje prema izrazu

$$F_L = f \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot R_m, \quad (10)$$

gdje je vrijednost

$d = 26\text{mm}$  odabrani promjer užeta

$f = 0,50$  faktor ispune za uže Warrington-Seale 6x36

$R_m = 1570 \text{ N/mm}^2$  lomna čvrstoća žice

Uvrštavanjem u izraz (10) dobije se

$$F_L = 0,50 \cdot \frac{26^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1570 = 416568,1\text{N}. \quad (11)$$

Uvrštavanjem u izraza (11) u izraz (9) dobije se

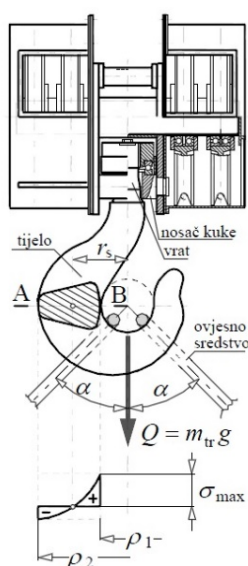
$$86704,55\text{N} \leq \frac{416568,1}{4,5} \quad (12)$$

$$86704,55\text{N} \leq 92570,68\text{N}. \quad (13)$$

***Odabrano uže zadovoljava!***

## 4 IZBOR KUKE

Kuke su najjednostavnije i najviše rabljeno zahvatno sredstvo. Tijelo kuke oblikovano je za jednostavno, sigurno i brzo zavješanje tereta. U pravilu teret se na kuku ovjesi posredstvom ovjesnog sredstva (uže, traka, lanac i sl.). Kuka može biti ovješena na koloturnik posredstvom pomičnog bloka koloturnika ili na jedno uže. U normama su kuke označene brojevima (oznaka *HN*) koji jednoznačno određuju njihov oblik i mjere. Povezanost broja kuke s dozvoljenim opterećenjem (nosivost kuke) ovisi o pogonskoj grupi (o učestalosti primjene i spektru opterećenja), pripadnom faktoru sigurnosti te o materijalu kuke. Osnovni oblici kuka su jednokrake i dvokrake kuke. [1]



Slika 7. Sklop jednokrake kuke

### 4.1 Veličina kuke

Potrebna veličina kuke odredit će se prema izrazu

$$HV \geq \frac{v_n \cdot Q_t \cdot g}{R_e}, \quad (14)$$

gdje je vrijednost

$v_n = 2$  faktor sigurnosti, prema [1], str. 103. tablica 2

$Q_t = 35t = 35000\text{kg}$  nosivost granika, zadano

$R_e = 31,5 \text{ kN/cm}^2 = 315 \text{ N/mm}^2$  granica tečenja, prema [1], str. 112. tablica 1

Uvrštavanjem u izraz (14) dobije se

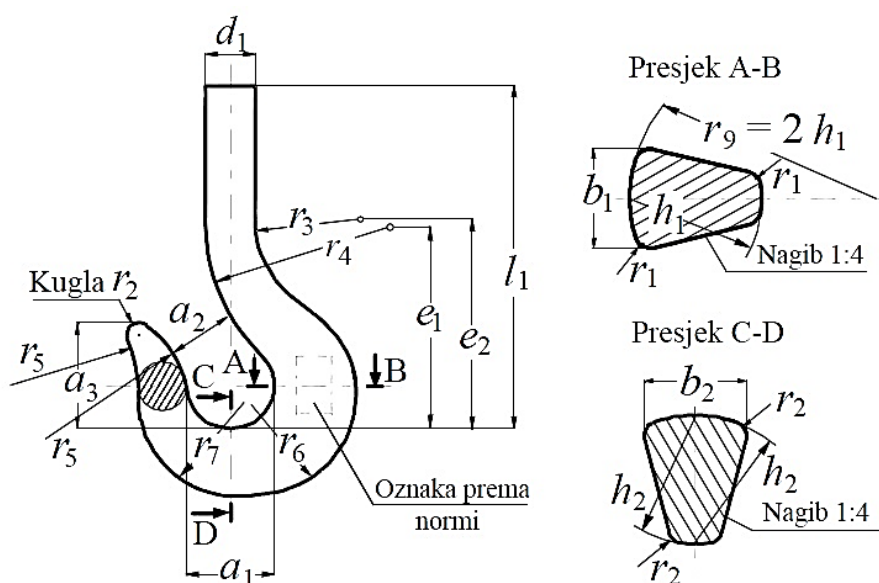
$$HV \geq \frac{2 \cdot 35 \cdot 9,81}{31,5} = 21,8. \quad (15)$$

Na osnovi rezultata odabrana je kuka **HV = 25**, prema [1], str. 119. tablica 6

U tablici su prikazane dimenzije jednokrake kuke, slobodno kovane, prema [1], str. 119. tablica 6

**Tablica 1. Dimenzije jednokrake kuke**

Broj kuke HV=25					
$a_1$	180	$e_1$	415	$r_2$	32
$a_2$	140	$e_2$	455	$r_3$	100
$a_3$	202	$e_3$	360	$r_4$	270
$b_1$	160	$h_1$	200	$r_5$	375
$b_2$	132	$h_2$	170	$r_6$	262
$d_1$	118	$l_1$	735	$r_7$	224
Navoj kuke	Rd100x12	$r_1$	20	Masa $\approx$ kg	160

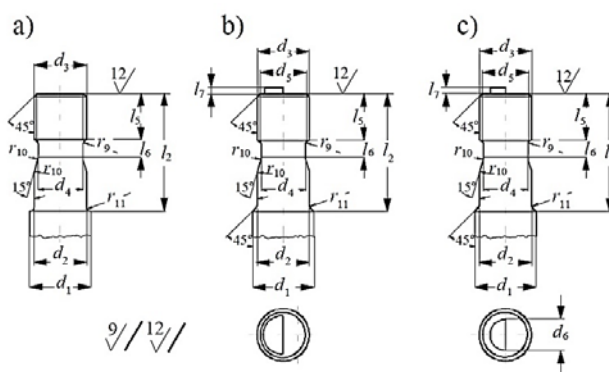


**Slika 8. Oznake mjera slobodno kovane jednokrake kuke**

U sljedećoj tablici su prikazane dimenzije vrata kuke, prema [1], str. 121. tablica 9

**Tablica 2. Dimenzije vrata kuke**

Broj kuke HV=25					
$d_1$	118	$e_3$	360	$l_6$	40
$d_2, h_9$	100	$f_5$	54	$l_7$	12
Navoj $d_3, c_{11}$	Rd100x12	$g_3$	38	$r_9$	6
$d_4$	85	$l_2$	-	$r_{10}$	28
$d_5, c_{11}$	86,8	$l_3$	207	$r_{11}$	3
$d_6$	-	$l_4$	716		
$d_7$	20,2	$l_5$	90		



**Slika 9. Obradjeni vrat kuke**

## 4.2 Kontrola naprezanja u vratu kuke

Provjera najmanjeg promjera vrata kuke provodi se prema izrazu

$$\sigma_{vr} = \frac{4 \cdot Q_t}{\pi \cdot d_4^2} \leq \frac{R_e}{2,2 \cdot v_n}, \quad (16)$$

gdje je vrijednost

$Q_t = 35t = 35000\text{kg}$  nosivost granika, zadano

$d_4 = 85\text{mm}$  najmanji promjer vrata kuke, prema tablici 2

$v_n = 2$  faktor sigurnosti, prema [1], str. 103. tablica 2

$R_e = 31,5 \text{ kN/cm}^2 = 315 \text{ N/mm}^2$  granica tečenja, prema [1], str. 112. tablica 1

Uvrštavanjem u izraz (16) dobije se

$$\sigma_{vr} = \frac{4 \cdot 35000 \cdot 9,81}{\pi \cdot 85^2} \leq \frac{315}{2,2 \cdot 2} \quad (17)$$

$$\sigma_{vr} = 60,53 \text{ N/mm}^2 \leq 71,59 \text{ N/mm}^2. \quad (18)$$

**Naprezanje u vratu kuke zadovoljava!**

Provjera smičnog naprezanja u donjem navoju kuke provodi se prema izrazu

$$\tau_n = \frac{Q_t}{\pi \cdot d_5 \cdot h_3} \leq \frac{R_e}{1,25 \cdot v_n}, \quad (19)$$

gdje je vrijednost

$Q_t = 35t = 35000\text{kg}$  nosivost granika, zadano

$d_5 = 86,8\text{mm}$  najmanji promjer navoja vrata kuke, prema tablici 2

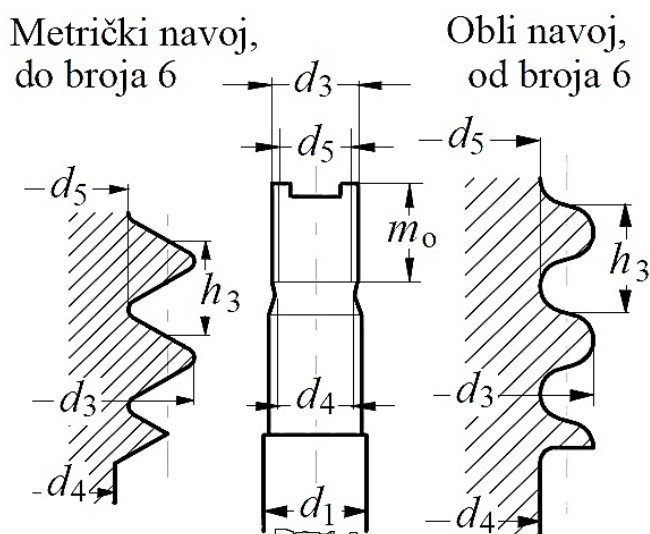
$h_3 = 12\text{mm}$ ; uspon navoja Rd 100x12

Uvrštavanjem u izraz (19) dobije se

$$\tau_n = \frac{35000 \cdot 9,81}{\pi \cdot 86,8 \cdot 12} \leq \frac{315}{1,25 \cdot 2} \quad (20)$$

$$\tau_n = 104,98 \text{ N/mm}^2 \leq 126 \text{ N/mm}^2. \quad (21)$$

***Naprezanje u donjem navoju vratu kuke zadovoljava!***

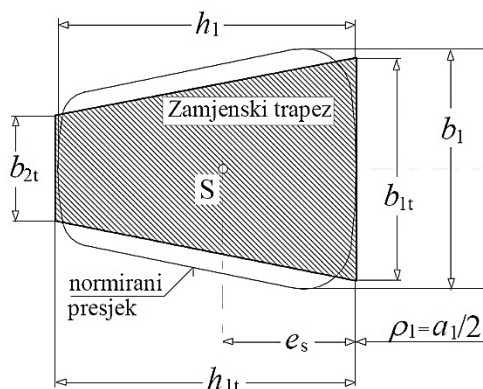


**Slika 10. Navoji kuke**



### 4.3 Kontrola naprezanja u presjeku A-B pomoću zamjenskog trapeza

Normirani presjeci kuka mogu se zamijeniti trapeznim presjekom s kojim se mogu dovoljno točno provjeriti najveća naprezanja u zakrivljenom dijelu kuke. Takav zamjenski trapez može poslužiti za jednostavnu kontrolu naprezanja kada je to potrebno.



**Slika 11. Zamjenska trapezna površina presjeka slobodno kovane kuke**

Pomoću zamjenskog trapeza može se provesti proračun glavnog presjeka. Očitani su potrebni podaci iz tablice 1.

$$a_1 = 180\text{mm} = 18\text{cm}$$

$$b_1 = 160\text{mm} = 16\text{cm}$$

$$h_1 = 200\text{mm} = 20\text{cm}$$

Dalje je potrebno odrediti mjere zamjenskog trapeza prema slici 11.

$$b_{1t} = 0,932 \cdot b_1 = 0,932 \cdot 16 = 14,912\text{cm} \quad (22)$$

$$b_{2t} = 0,43 \cdot b_1 = 0,43 \cdot 16 = 6,88\text{cm} \quad (23)$$

$$h_{1t} = h_1 = 20\text{cm} \quad (24)$$

Potrebno je još izračunati i sljedeće relacije

$$\rho_1 = \frac{a_1}{2} = \frac{18}{2} = 9\text{cm} \quad (25)$$

$$\rho_2 = \frac{a_1}{2} + h_1 = \frac{18}{2} + 20 = 29\text{cm} \quad (26)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = 1 + \frac{2 \cdot h_1}{a_1} = 1 + \frac{2 \cdot 20}{18} = 3,22 \quad (27)$$

Površina trapeza određuje se prema izrazu

$$A_t = \frac{b_{1t} + b_{2t}}{2} \cdot h_1, \quad (28)$$

Uvrštavanjem izraza (22), (23) i (24) dobije se

$$A_t = \frac{14,912 + 6,88}{2} \cdot 20 = 217,92 \text{ cm}^2. \quad (29)$$

Položaj središta presjeka određuje se prema izrazu

$$e_s = \frac{h_1}{3} \cdot \frac{b_{1t} + 2b_{2t}}{b_{1t} + b_{2t}}, \quad (30)$$

Uvrštavanjem izraza (22), (23) i (24) dobije se

$$e_s = \frac{20}{3} \cdot \frac{14,912 + 2 \cdot 6,88}{14,912 + 6,88} = 8,771 \text{ cm}, \quad (31)$$

Potrebno je izračunati i izraz

$$r_s = \frac{a_1}{2} + e_s, \quad (32)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (31) dobije se

$$r_s = \frac{18}{2} + 8,771 = 17,771 \text{ cm}, \quad (33)$$

Položaj neutralne linije za trapez određuje se prema izrazu

$$r_n = \frac{h_1}{2} \cdot \frac{1 + \frac{b_{2t}}{b_{1t}}}{\frac{\frac{\rho_2}{\rho_1} - \frac{b_{2t}}{b_{1t}}}{\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1} \cdot \ln \frac{\rho_2}{\rho_1} + \frac{b_{2t}}{b_{1t}} - 1}, \quad (34)$$

Uvrštavanjem izraza (22), (23), (24) i (27) dobije se

$$r_n = \frac{20}{2} \cdot \frac{1 + \frac{6,88}{14,912}}{\frac{3,22 - \frac{6,88}{14,912}}{3,22 - 1} \cdot \ln(3,22) + \frac{6,88}{14,912} - 1} = 15,98. \quad (35)$$

Provjera naprezanja se provodi prema izrazima

$$\sigma_1 = \frac{F_n}{A_t} \cdot \frac{\frac{r_s}{r_n} - 1}{\frac{r_s}{r_n} - 1} \leq \frac{R_e}{v_n}, \quad (36)$$

$$|\sigma_2| = \frac{F_n}{A_t} \cdot \frac{\frac{r_s}{r_n} - 1}{\frac{r_s}{r_n} - 1} \leq \frac{R_e}{2,5 \cdot v_n}, \quad (37)$$

gdje je vrijednost

$$F_n = 35000 \cdot 9,81 = 343350 \text{ N težina tereta}$$

$$A_t = 217,92 \text{ cm}^2 \text{ površina trapeza, prema (29)}$$

$$r_s = 7,771 \text{ cm, prema (33)}$$

$$\rho_1 = 9 \text{ cm, prema (25)}$$

$$r_n = 15,98 \text{ položaj neutralne linije za trapez, prema (35)}$$

$$\rho_2 = 29 \text{ cm, prema (26)}$$

$$R_e = 31,5 \text{ kN/cm}^2 = 315 \text{ N/mm}^2 \text{ granica tečenja, prema [1], str. 112. tablica 1}$$

$$v_n = 2 \text{ faktor sigurnosti, prema [1], str. 103. tablica 2}$$

Uvrštavanjem izraza i podataka u izraze (36) i (37) dobije se

$$\sigma_1 = \frac{343350}{21792} \cdot \frac{\frac{177,71}{90} - 1}{\frac{177,71}{159,8} - 1} = 137,002 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{R_e}{v_n} = \frac{315}{2} = 157 \text{ N/mm}^2 \quad (38)$$

$$|\sigma_2| = \frac{343350}{21792} \cdot \frac{\frac{177,71}{290} - 1}{\frac{177,71}{159,8} - 1} = |-54,433| \text{ N/mm}^2 \leq \frac{R_e}{2,5 \cdot v_n} = \frac{315}{2,5 \cdot 2} = 63 \text{ N/mm}^2 \quad (39)$$

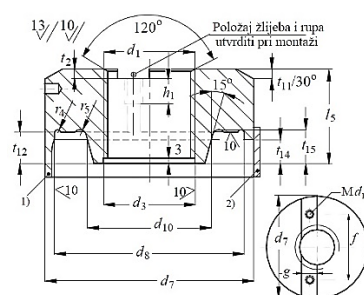
***Naprezanja u kuki zadovoljavaju!***

#### 4.4 Izbor matice kuke i nosača kuke

U tablici su prikazane dimenzije matice kuke, prema [1], str. 124. tablica 12

**Tablica 3. Mjere matice teretnih kuka**

Broj kuke HV=25					
Navoj $d_1$	Rd100x12	$f$	150	$t_2$	8
$d_3, c11$	101,2	$g$	32	$t_{11}$	10
$d_7$	205	$h_1$	15	$t_{12}$	33
$d_8, E9$	190	$l_5$	103	$t_{14}$	25
$d_{10}$	128	$r_4$	2,5	$t_{15}$	36
$d_{12}$	M12	$r_5$	6		

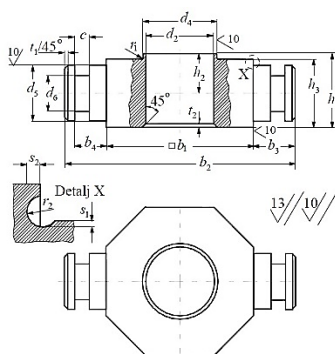


**Slika 12. Matice teretnih kuka**

U sljedećoj tablici su prikazane dimenzije nosača kuke, prema [1], str. 123. tablica 11

**Tablica 4. Mjere ovjesa i nosača kuke**

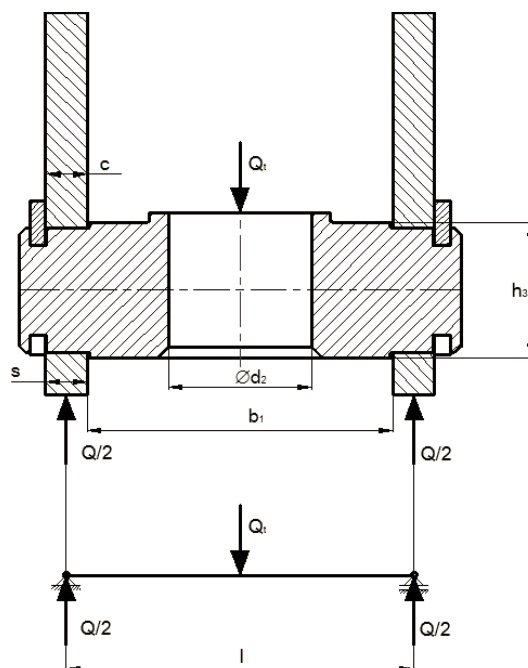
Broj kuke HV=25					
$b_1$	220	$d_6$	64	$s_2$	2,2
$b_2$	318	$h_1$	105	$t_1$	5
$b_3$	49	$h_2$	56	$t_2$	8
$b_4$	41	$h_3, h_{11}$	98	$t_3 \max$	1,5
$c$	12	$r_1 \max$	1,6	$u_1$	166
$d_2$	103	$r_2$	2	<b>Ležaj</b>	51226
$d_4, j6$	130	$s$	30		
$d_5, h9$	90	$s_1$	0,5		



**Slika 13. Nosač kuke**

#### 4.5 Provjera naprezanja nosača kuke

Nosač kuke se proračunava kao greda s dva oslonca opterećena na savijanje.



Slika 14. Nosač kuke kao greda s dva oslonca

Najveći moment grede određuje se prema izrazu

$$M_{max} = \frac{Q_t \cdot l}{4}, \quad (40)$$

gdje je vrijednost

$$Q_t = 35t = 35000\text{kg nosivost granika, zadano}$$

a dužina grede određuje se prema izrazu

$$l = b_1 + 2 \cdot \frac{c}{2} = b_1 + c, \quad (41)$$

gdje je vrijednost

$$b_1 = 220\text{mm, prema tablica 4.}$$

$$c = 12\text{mm, prema tablica 4.}$$

Uvrštavanjem u izraz (41) dobije se

$$l = 220 + 12 = 232\text{mm}, \quad (42)$$

Uvrštavanjem izraza (42) i vrijednosti  $Q_t$  u izraz (40) dobije se

$$M_{max} = \frac{35000 \cdot 9,81 \cdot 232}{4} = 19914300\text{Nmm}, \quad (43)$$

Moment otpora određuje se prema izrazu

$$W = \frac{1}{6} \cdot (b_1 - d_2) \cdot h_3^2, \quad (44)$$

gdje je vrijednost

$b_1 = 220\text{mm}$ , prema tablica 4.

$d_2 = 103\text{mm}$ , prema tablica 4.

$h_3 = 98\text{mm}$ , prema tablica 4.

Uvrštavanjem u izraz (44) dobije se

$$W = \frac{1}{6} \cdot (220 - 103) \cdot 98^2 = 187278\text{mm}^3. \quad (45)$$

Naprezanje u nosaču kuke određuje se prema izrazu

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} < \sigma_{dop}, \quad (46)$$

Dopušteno naprezanje za čelik Č0361 iznosi

$$\sigma_{dop} = 120 \text{ N/mm}^2, \text{ prema [3], str. 533.}$$

Uvrštavanjem izraza (43) i (45) u izraz (46) dobije se

$$\sigma = \frac{19914300}{187278} = 106,33 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 120 \text{ N/mm}^2. \quad (47)$$

***Naprezanje u nosaču kuke zadovoljava!***

#### 4.6. Provjera površinskog pritiska lamela

Površinski pritisak lamela određuje se prema izrazu

$$p = \frac{Q_t}{2 \cdot d_5 \cdot s} \leq p_{dop}, \quad (48)$$

gdje je vrijednost

$Q_t = 35\text{t} = 35000\text{kg}$  nosivost granika, zadano

$d_5 = 90\text{mm}$ , prema tablica 4.

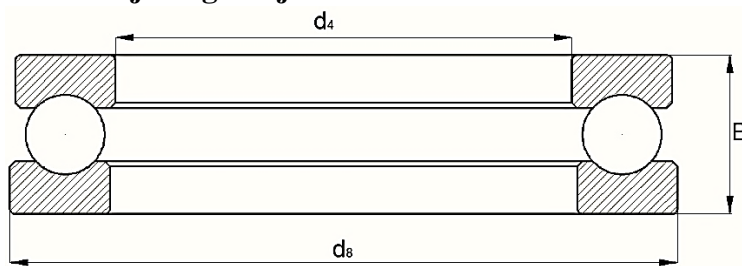
$s = 30\text{mm}$ , prema tablica 4.

Uvrštavanjem u izraz (48) dobije se

$$p = \frac{35000 \cdot 9,81}{2 \cdot 90 \cdot 30} = 63,58 \text{ N/mm}^2 \leq p_{dop} = 100 \text{ N/mm}^2. \quad (49)$$

***Površinski pritisak lamela zadovoljava!***

#### 4.7 Provjera nosivosti aksijalnog ležaja 51226



Slika 15. Ležaj 51226

Osnovne dimenzije ležaja

$$d_4 = 130\text{mm}$$

$$d_8 = 190\text{mm}$$

$$B = 45\text{mm}$$

Provjera statičke nosivosti (SKF) određuje se iz izraza za karakteristiku statičkog opterećenja

$$f_s = \frac{C_1}{F_a}, \quad (50)$$

gdje su vrijednosti

$$F_a = Q_t \cdot g = 35000 \cdot 9,81 = 343350\text{N} \text{ statičko opterećenje ležaja}$$

$f_s = 0,8 \dots 1,2$  karakteristika statičkog opterećenja, prema [4], str. 294. za normalne zahtjeve

Statička nosivost se stoga određuje prema izrazu

$$C_1 = f_s \cdot F_a \quad (51)$$

Uvrštavanjem u izraz (51) dobije se

$$C_1 = 1,2 \cdot 343350 = 412020\text{N} < C = 850000\text{N} \quad (52)$$

**Aksijalni ležaj zadovoljava!**

## 5 DIMENZIONIRANJE I IZBOR UŽNICE

### 5.1 Promjer užnice

Promjer užnice određuje se prema izrazu

$$D \geq \left(\frac{D}{d}\right)_{min} \cdot c_p \cdot d, \quad (53)$$

gdje su vrijednosti

$$\left(\frac{D}{d}\right)_{min} = 20 \text{ minimalno dozvoljeni odnos, prema [1], str. 103. tablica 1,4-1}$$

$$b_p = 3 \text{ broj pregiba}$$

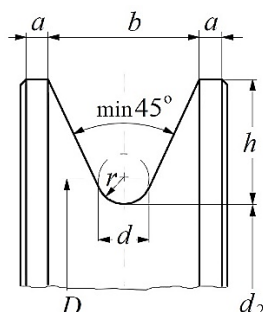
$c_p = 1$  koeficijent pregibanja užeta, ovisan o broju pregiba, prema [1], str. 104. tablica 1,4-2

$$d = 26\text{mm} \text{ promjer užeta}$$

Uvrštavanjem u izraz (53) dobije se

$$D > 20 \cdot 1 \cdot 26 = 520\text{mm}. \quad (54)$$

Odabran je promjer užnice  $D(d_2) = 560\text{mm}$ , prema [1], str. 122. tablica 10



Slika 16. Profil užnice

Mjere profila užnice, prema [1], str. 105. tablica 10

$$d = 26\text{mm}$$

$$r = 14\text{mm}$$

$$h = 40\text{mm}$$

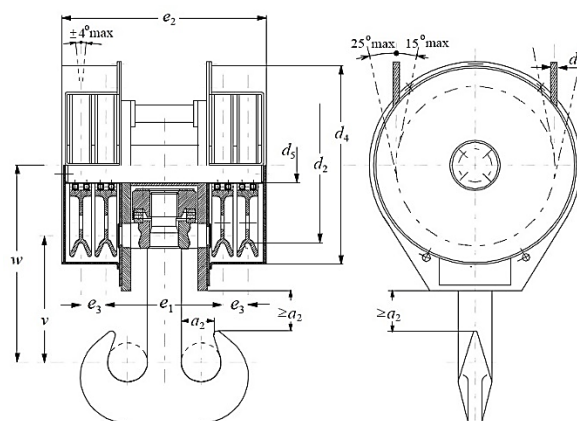
$$b = 52\text{mm}$$

$$a = 8\text{mm}$$

$$d_2 = 560\text{mm} \text{ nazivni promjer užnice}$$

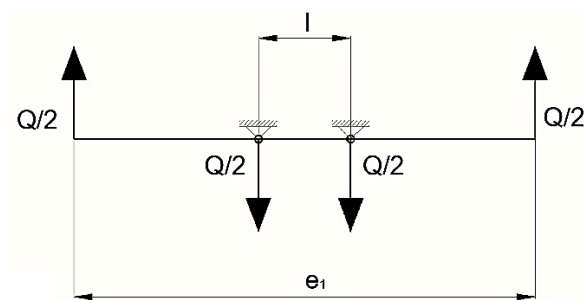
$$d_5 = 140\text{mm} \text{ promjer osovine, prema [1], str. 122. tablica 10}$$





Slika 17. Sklop kuke

## 5.2 Provjera osovine užnice



Slika 18. Prikaz opterećenja osovine užnice

Najveći moment osovine određuje se prema izrazu

$$M_{max} = \frac{Q_t}{2} \cdot \left( \frac{e_1}{2} - \frac{l}{4} \right), \quad (55)$$

gdje su vrijednosti

$Q_t = 35t = 35000\text{kg}$  nosivost granika, zadano

$l = 232\text{mm}$ , prema (42)

$e_1 = 410\text{mm}$ , prema [1], str. 122. tablica 10

Uvrštavanjem u izraz (55) dobije se

$$M_{max} = \frac{35000 \cdot 9,81}{2} \cdot \left( \frac{410}{2} - \frac{232}{4} \right) = 15279075\text{Nmm}. \quad (56)$$

Moment otpora osovine određuje se prema izrazu

$$W_{os} = \frac{\pi \cdot d_5^3}{32} = \frac{\pi \cdot 140^3}{32} = 269255\text{mm}^3, \quad (57)$$

$d_5 = 140\text{mm}$  promjer osovine, prema [1], str. 122. tablica 10

Naprezanje osovine određuje se prema izrazu

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{os}} < \sigma_{dop}, \quad (58)$$

Dopušteno naprezanje za čelik Č0361 iznosi

$$\sigma_{dop} = 120 \text{ N/mm}^2, \text{ prema [3], str. 533.}$$

Uvrštavanjem izraza (56) i (57) u izraz (58) dobije se

$$\sigma = \frac{15279075}{269255} = 56,74 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 120 \text{ N/mm}^2. \quad (59)$$

***Naprezanje osovine zadovoljava!***

### 5.3 Provjera površinskog pritiska nosećih limova osovine užnice

Površinski pritisak lamela određuje se prema izrazu (48)

$$p = \frac{Q_t}{2 \cdot d_5 \cdot s} \leq p_{dop},$$

gdje je vrijednost

$$Q_t = 35t = 35000 \text{ kg nosivost granika, zadano}$$

$$d_5 = 140 \text{ mm promjer osovine, prema [1], str. 122. tablica 10}$$

$$s = 30 \text{ mm, prema tablica 4.}$$

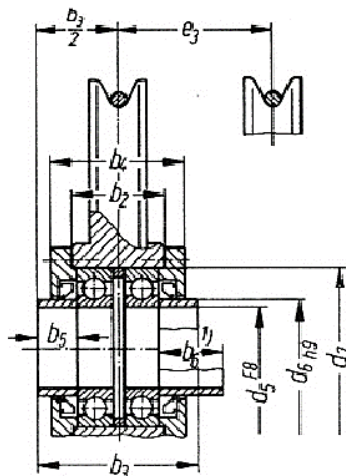
Uvrštavanjem u izraz (48) dobije se

$$p = \frac{35000 \cdot 9,81}{2 \cdot 140 \cdot 30} = 40,875 \text{ N/mm}^2 \leq p_{dop} = 100 \text{ N/mm}^2. \quad (60)$$

***Površinski pritisak lamela zadovoljava!***

## 5.4 Dimenzioniranje valjnih ležajeva

Dimenzije za oblik C, užnica s valjnim ležajevima, prema [1], str. 106. tablica 1,5-4



Slika 19. Oblik i mjerna skica užnice

Osnovne dimenzije užnice

$$d_5 = 140\text{mm}$$

$$b_3 = 160\text{mm}$$

$$d_6 = 160\text{mm}$$

$$b_2 = 105\text{mm}$$

$$d_7 = 240\text{mm}$$

Odabran je ležaj 6032-2RSR za kojeg treba napraviti provjeru prema izrazu (50)

$$f_s = \frac{C_1}{F_a},$$

gdje su vrijednosti

$$F_a = Q_t \cdot g = 35000 \cdot 9,81 = 343350\text{N} \text{ statičko opterećenje ležaja}$$

$f_s = 0,8 \dots 1,2$  karakteristika statičkog opterećenja, prema [4], str. 294. za normalne zahtjeve

Statička nosivost se stoga određuje prema izrazu (51)

$$C_1 = f_s \cdot F_a$$

Uvrštavanjem u izraz (51) dobije se

$$C_1 = 1,2 \cdot 343350 = 412020\text{N} < C = 550000\text{N} \quad (61)$$

**Odabrani ležaj zadovoljava!**

### 5.5 Užnica za izravnavanje

Promjer izravnavajuće užnice određuje se prema izrazu (53)

$$D \geq \left(\frac{D}{d}\right)_{min} \cdot c_p \cdot d,$$

gdje su vrijednosti

$\left(\frac{D}{d}\right)_{min} = 14$  minimalno dozvoljeni odnos, prema [1], str. 103. tablica 1,4-1

$b_p = 3$  broj pregiba

$c_p = 1$  koeficijent pregibanja užeta, ovisan o broju pregiba, prema [1], str. 104. tablica 1,4-2

$d = 26\text{mm}$  promjer užeta

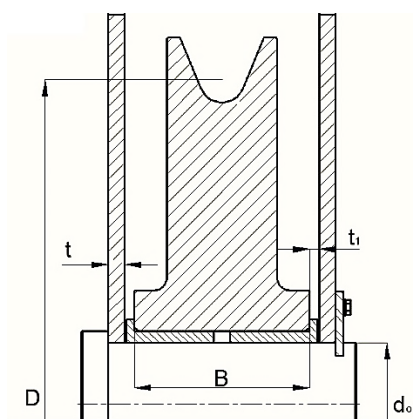
Uvrštavanjem u izraz (53) dobije se

$$D > 14 \cdot 1 \cdot 26 = 364\text{mm}. \quad (62)$$

Odabran je promjer izravnavajuće užnice  $D_{izr}(d_2) = 400\text{mm}$ , prema [2], str. 39. tablica 2,5

Mjere profila užnice su iste kao i kod užnice sklopa kuke. (vidi str. 19.)

### 5.6 Promjer osovine izravnavajuće užnice



Slika 20. Izravnavajuća užnica

Pretpostavljen je promjer osovine  $d_o = 75\text{mm}$

Očitane su potrebne dimezije potrebne za provjeru osovine izravnavajuće užnice

$B = 108\text{mm}$  širina užnice, prema [1], str. 106. tablica 1,5-4

$t = 10\text{mm}$ , širina nosivog lima

$t_1 = 6\text{mm}$ , distantna širina

$l = B + t + t_1 = 108 + 10 + 6 = 124\text{mm}$

Najveći moment osovine određuje se prema izrazu

$$M_{max} = \frac{Q_t \cdot g}{2} \cdot \left( \frac{l}{2} - \frac{B}{4} \right), \quad (63)$$

Uvrštavanjem podataka u izraz (63) dobije se

$$M_{max} = \frac{343350}{2} \cdot \left( \frac{124}{2} - \frac{108}{4} \right) = 6008625\text{Nmm}. \quad (64)$$

Moment otpora osovine određuje se prema izrazu

$$W_{os} = \frac{\pi \cdot d_o^3}{32} = \frac{\pi \cdot 75^3}{32} = 41396,48\text{mm}^3, \quad (65)$$

$d_o = 75\text{mm}$  pretpostavljeni promjer osovine

Naprezanje osovine određuje se prema izrazu (58)

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{os}} < \sigma_{dop},$$

Dopušteno naprezanje za čelik Č0561 iznosi

$$\sigma_{dop} = 160 \text{ N/mm}^2, \text{ prema [3], str. 533.}$$

Uvrštavanjem izraza (64) i (65) u izraz (58) dobije se

$$\sigma = \frac{6008625}{41396,48} = 145,15 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 160 \text{ N/mm}^2. \quad (66)$$

**Naprezanje osovine zadovoljava!**

## 6 BUBANJ

Bubanj služi za pogon užeta i kao spremnik potrebne dužine užeta. Namatanje užeta treba izvesti tako da se spriječi zapletanje užeta na bubnju. To se većinom postiže namatanjem na ožljebljeni bubanj. Na bubanj se može namatati jedno uže, tada je bubanj jednoužetni ili dva užeta, tada je bubanj dvoužetni. Žljebovi čuvaju uže i osiguravaju jednakomjerno namatanje užeta. [1]

### 6.1 Promjer bubnja

Promjer bubnja određuje se prema izrazu (53)

$$D \geq \left(\frac{D}{d}\right)_{min} \cdot c_p \cdot d$$

gdje su vrijednosti

$\left(\frac{D}{d}\right)_{min} = 18$  minimalno dozvoljeni odnos, prema [1], str. 103. tablica 1,4-1

$b_p = 3$  broj pregiba

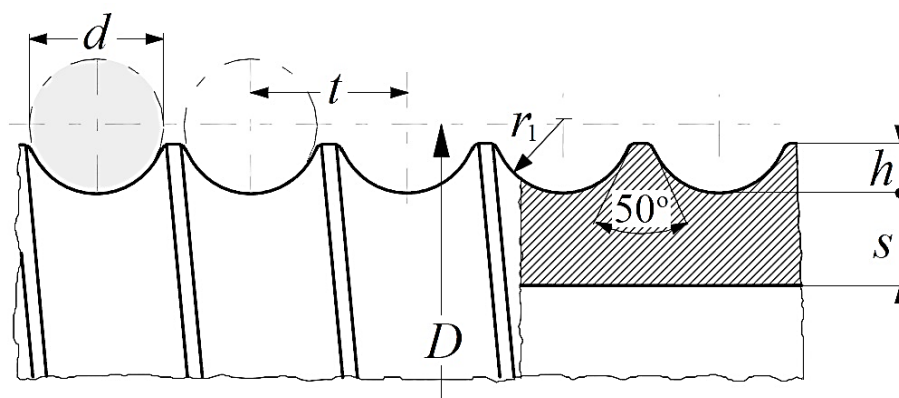
$c_p = 1$  koeficijent pregibanja užeta, ovisan o broju pregiba, prema [1], str. 104. tablica 1,4-2

$d = 26\text{mm}$  promjer užeta

Uvrštavanjem u izraz (53) dobije se

$$D > 18 \cdot 1 \cdot 26 = 468\text{mm}. \quad (67)$$

Odabran je promjer bubnja  $D_b = 508\text{mm}$ , prema [3], str. 437. čelične bešavne cijevi, debljine stijenke 28mm.



Slika 21. Osnovne mjere žljeba

Dimenzije profila žljeba određuju se prema izrazima

$$0,375d \leq h \leq 0,4d, \quad (68)$$

gdje je  $d = 26\text{mm}$  promjer užeta

Uvrštavanjem u izraz (68) dobije se

$$\begin{aligned} 0,375 \cdot 26 &\leq h \leq 0,4 \cdot 26 \\ 9,75 &\leq h \leq 10,4 \end{aligned} \quad (69)$$

Odabrano:  **$h = 10\text{mm}$**

$$r_1 = 0,53 \cdot d = 0,53 \cdot 26 = 13,78\text{mm}, \quad (70)$$

Odabrano:  **$r_1 = 14\text{mm}$**

$$t \cong 1,15 \cdot d = 1,15 \cdot 26 = 29,9\text{mm}, \quad (71)$$

Odabrano:  **$t = 30\text{mm}$**

$r_2 = 0,8\text{mm}$ ; prema [1], str. 126.

Radnu dužinu bubnja određuje se prema izrazu

$$l_r = \frac{i_k \cdot H}{D_b \cdot \pi} \cdot t, \quad (72)$$

gdje su vrijednosti

$i_k = 2$  prijenosni omjer koloturnika, prema poglavlju 2.1 izraz (2)

$H = 12\text{m} = 12000\text{mm}$  visina dizanja, zadano

$D_b = 508\text{mm}$  odabrani promjer bubnja

$t = 30\text{mm}$  korak žljeba bubnja

Uvrštavanjem u izraz (72) dobije se

$$l_r = \frac{2 \cdot 12000}{508 \cdot \pi} \cdot 30 = 451,37\text{mm}, \quad (73)$$

Ukupna dužina bubnja određuje se prema izrazu

$$l_b \cong 2l_r + 23d + 100, \quad (74)$$

gdje su vrijednosti

$l_r = 451,37\text{mm}$  radna dužina bubnja

$d = 26\text{mm}$  promjer užeta

Uvrštavanjem u izraz (74) dobije se

$$l_b \cong 2 \cdot 451,37 + 23 \cdot 26 + 100 = 1600,74\text{mm}, \quad (75)$$

Dužina narezanog dijela bubnja određuje se prema izrazu

$$l_n = l_r + 4t, \quad (76)$$

gdje su vrijednosti

$l_r = 451,37\text{mm}$  radna dužina bubnja

$t = 30\text{mm}$  korak žljeba bubnja

Uvrštavanjem u izraz (76) dobije se

$$l_n = 451,37 + 4 \cdot 30 = 571,37\text{mm}, \quad (77)$$

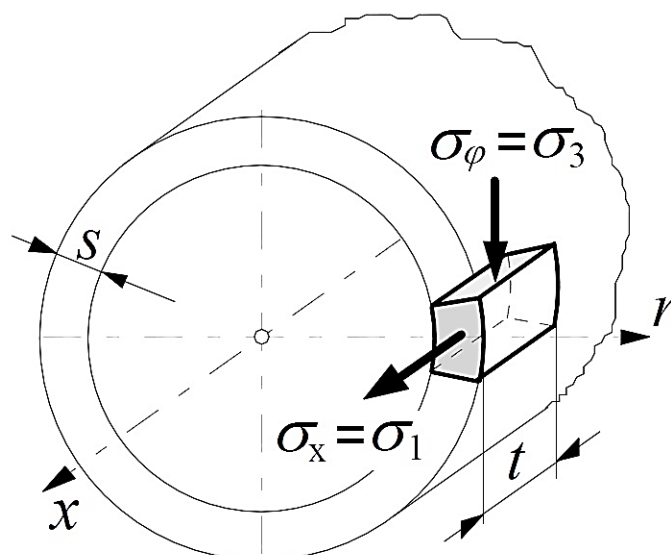
## 6.2 Proračun stjenke bubnja

Stjenka bubnja opterećena je na uvijanje, savijanje i prolom. Uvijanje se može zanemariti jer je naprezanje najčešće mali, savijanje je od utjecaja kod vrlo dugačkih bubnjeva, dok kod opterećenja na prolom opterećeno uže se namata na bubanj i steže stjenku bubnja slično djelovanju vanjskog tlaka. Stjenka bubnja dimenzionira se prvenstveno prema naprezanjima koja od tuda slijede. Bubnjevi se danas u pravilu izrađuju u zavarenoj izvedbi. [1]

Dozvoljeno naprezanje za čelični bubanj Č0345

$$\sigma_1 = \sigma_x \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_3| = |\sigma_\varphi| \leq 100 \text{ N/mm}^2$$



Slika 22. Naprezanje elemenata stjenke bubnja



Naprezanje na mjestu namatanja užeta, normalno (od savijanja) određuje se prema izrazu

$$\sigma_x = 0,96 \cdot F_{max} \cdot \sqrt{\frac{1}{D_b \cdot s^3}}, \quad (78)$$

gdje su vrijednosti

$F_{max} = 86704,55\text{N}$  maksimalna sila u užetu, prema (6)

$D_b = 508\text{mm}$  odabrani promjer bubnja

$s = 18\text{mm}$  debljina stjenke

Uvrštavanjem u izraz (78) dobije se

$$\sigma_x = 0,96 \cdot 86704,55 \cdot \sqrt{\frac{1}{508 \cdot 18^3}} = 48,35 \text{ N/mm}^2 < 50 \text{ N/mm}^2, \quad (79)$$

Naprezanje na mjestu namatanja užeta, cirkularno (tlačno) određuje se prema izrazu

$$\sigma_\varphi = 0,5 \cdot \frac{F_{max}}{t \cdot s}, \quad (80)$$

gdje su vrijednosti

$F_{max} = 86704,55\text{N}$  maksimalna sila u užetu, prema (6)

$s = 18\text{mm}$  debljina stjenke

$t = 30\text{mm}$  korak žljeba bubnja

Uvrštavanjem u izraz (80) dobije se

$$\sigma_\varphi = 0,5 \cdot \frac{86704,55}{30 \cdot 18} = 80,28 \text{ N/mm}^2 < 100 \text{ N/mm}^2. \quad (81)$$

***Naprezanje stjenke bubnja zadovoljava!***

Naprezanje uslijed savijanja bubnja je najveće kad se uže opterećeno maksimalnim teretom namata na bubnja na njegovoj sredini. Zbog simetričnosti vrijedi:

$$F_A = F_B = F_{max} = 86704,55\text{N}$$

Najveći moment savijanja određuje se prema izrazu

$$M_{max} = \frac{F_{max} \cdot l_b}{4}, \quad (82)$$

gdje su vrijednosti

$$F_{max} = 86704,55\text{N} \text{ maksimalna sila u užetu, prema (6)}$$

$$l_b = 1600,74\text{mm} \text{ ukupna dužina bubnja, prema (75)}$$

Uvrštavanjem u izraz (82) dobije se

$$M_{max} = \frac{86704,55 \cdot 1600,74}{4} = 34697860,34\text{Nmm}, \quad (83)$$

Moment otpora poprečnog presjeka bubnja određuje se prema izrazu

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_b^4 - d_u^4}{D_b}, \quad (84)$$

gdje su vrijednosti

$$D_b = 508\text{mm} \text{ odabrani promjer bubnja}$$

$$d_u = 452\text{mm} \text{ unutarnji promjer bubnja}$$

Uvrštavanjem u izraz (84) dobije se

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{508^4 - 452^4}{508} = 4801345,814\text{mm}^3, \quad (85)$$

Naprezanje uslijed savijanja određuje se prema izrazu

$$\sigma_f = \frac{M_{max}}{W_b}, \quad (86)$$

Uvrštavanjem izraza (83) i (85) u izraz (86) dobije se

$$\sigma_f = \frac{34697860,34}{4801345,814} = 7,22 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 50 \text{ N/mm}^2. \quad (87)$$

### 6.3 Debljina čelne ploče bubnja

Debljina čelne ploče bubnja određuje se prema izrazu

$$\sigma = 1,44 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{D_1}{D}\right) \cdot \frac{F_h}{w^2} \leq \sigma_{dop} = \frac{R_e}{S}, \quad (88)$$

gdje su vrijednosti

$$F_h = 0,1 \cdot F_{max} = 0,1 \cdot 86704,55 = 8670,455\text{N}$$

$$D = D_b = 508\text{mm} \text{ odabrani promjer bubnja}$$

$$D_1 = 310\text{mm} \text{ vanjski promjer glavine}$$

$$R_e = 250 \text{ N/mm}^2 \text{ granica tečenja, prema [3], str. 533.}$$

$S = 2 \dots 3$ , odabrano:  $S = 2,5$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{250}{2,5} = 100 \text{ N/mm}^2$$

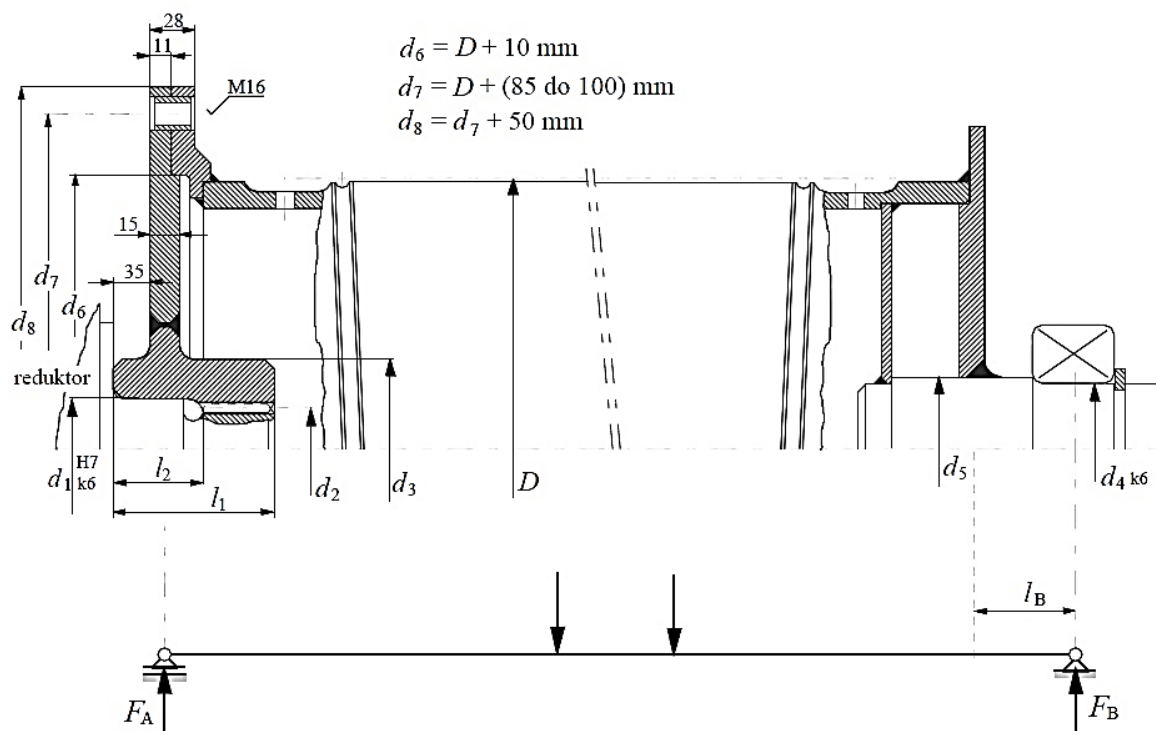
Uvrštavanjem brojčanih vrijednosti i izlučivanjem nepoznanice, dobije se potrebna debljina ploče.

$$w = \sqrt{1,44 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{D_1}{D}\right) \cdot \frac{F_h}{\sigma_{dop}}} = \sqrt{1,44 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{310}{508}\right) \cdot \frac{8670,455}{100}} = 8,60 \text{ mm}, \quad (89)$$

Odabrana je debljina ploče:  $w = 10 \text{ mm}$ .

#### 6.4 Veza čelne ploče i bubnja

Prijenos okretnog momenta sa vijenca na bubnja ostvarit će se silom trenja između vijenca i bubnja koja proizlazi iz sile pritiska između ploče i vijenca uslijed pritezanja vijaka. Odabrani vijci za prijenos okretnog momenta **M16**, površine  $A_f = 105 \text{ mm}^2$ . Odabrani materijal vijaka je **10,9**.



Slika 23. Primjer konstrukcijske izvedbe bubnja

Broj vijaka potrebnih za prenošenje momenta trenjem odredit će se iz izraza

$$F_{max} \cdot \frac{D_b}{2} \leq n \cdot \mu \cdot F_N \cdot \frac{d_7}{2}, \quad (90)$$

gdje je

$$F_N = \sigma_{dop} \cdot A_j, \quad (91)$$

$\mu = 0,2$  faktor trenja

$R_m = 1000 \text{ N/mm}^2$  vlačna čvrstoća

$R_e = 0,9 \cdot 1000 = 900 \text{ N/mm}^2$

$S = 2,5$  potrebna sigurnost

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{900}{2,5} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$d_7 = D_b + (85 \dots 100) = 508 + 90 = 598 \text{ mm}$  promjer na kojem su vijci

Uvrštavanjem brojčanih vrijednosti, izraza (91) i izlučivanjem nepoznanice iz izraza (90), dobije se potreban broj vijaka.

$$n \geq \frac{F \cdot D_b}{\mu \cdot \sigma_{dop} \cdot A_j \cdot d_7} = \frac{86704,55 \cdot 508}{0,2 \cdot 360 \cdot 105 \cdot 598} = 9,74. \quad (92)$$

Odabran je potreban broj  **$n = 10$**  vijaka M14 iz materijala kvalitete 10,9.

## 6.5 Kontrola vijčane veze čelične ploče i bubnja

Sila u vijku određuje se prema izrazu

$$F_N = \frac{F_{max} \cdot D_b}{n \cdot \mu \cdot d_7}, \quad (93)$$

gdje su vrijednosti

$F_{max} = 86704,55 \text{ N}$  maksimalna sila u užetu, prema (6)

$D_b = 508 \text{ mm}$  odabrani promjer bubnja

$n = 10$  potreban broj vijaka

$\mu = 0,2$  faktor trenja

$d_7 = 598 \text{ mm}$  promjer na kojem su vijci

Uvrštavanjem u izraz (93) dobije se

$$F_N = \frac{86704,55 \cdot 508}{10 \cdot 0,2 \cdot 598} = 36827,68\text{N}, \quad (94)$$

Sila prenaprezanja određuje se prema izrazu

$$F_p = A_j \cdot \sigma_{pr}, \quad (95)$$

gdje su vrijednosti

$$A_j = 105\text{mm}^2 \text{ površina vijka,}$$

a prenaprezanje se odredi prema [4], str. 125. slika 2,21

$$\sigma_{pr} = \frac{160 + 280}{2} = 220 \text{ N/mm}^2$$

Uvrštavanjem u izraz (95) dobije se

$$F_p = 105 \cdot 220 = 23100\text{N}. \quad (96)$$

Moment pritezanja određuje se prema izrazu

$$T_p = F_p \cdot \left( 0,16 \cdot P + \mu \cdot \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right), \quad (97)$$

gdje su vrijednosti

$$P = 2\text{mm uspon navoja}$$

$$d_2 = 12,701\text{mm srednji promjer navoja}$$

$$\mu = 0,2 \text{ koeficijent trenja na bokovima navoja i na glavi vijka}$$

$$D_{sr} = 1,4 \cdot d = 1,4 \cdot 14 = 19,6\text{mm srednji promjer površine glave}$$

Uvrštavanjem u izraz (97) dobije se

$$T_p = 23100 \cdot \left( 0,16 \cdot 2 + 0,2 \cdot \frac{12,701 + 19,6}{2} \right) = 82007,31\text{Nmm}. \quad (98)$$

Vlačno naprezanje određuje se prema izrazu

$$\sigma_v = \frac{F_p}{A_j} < \sigma_{dop}, \quad (99)$$

gdje su vrijednosti

$$F_p = 23100\text{N, prema izrazu (96)}$$

$$A_j = 105\text{mm}^2 \text{ površina vijka}$$

Uvrštavanjem u izraz (99) dobije se

$$\sigma_v = \frac{23100}{105} = 220 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 360 \text{ N/mm}^2, \quad (100)$$

Torzijsko naprezanje određuje se prema izrazu

$$\tau_p = \frac{16 \cdot T_p}{\pi \cdot d_3^3}, \quad (101)$$

gdje su vrijednosti

$$T_p = 82007,31 \text{ Nmm moment pritezanja, prema izraz (98)}$$

$$d_3 = 11,835 \text{ mm}$$

Uvrštavanjem u izraz (101) dobije se

$$\tau_p = \frac{16 \cdot 82007,31}{\pi \cdot 11,835^3} = 252,08 \text{ N/mm}^2, \quad (102)$$

Reducirano naprezanje određuje se prema izrazu

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_v^2 + 3\tau_p^2} < \sigma_{dop}, \quad (103)$$

gdje su vrijednosti

$$\sigma_v = 220 \text{ N/mm}^2, \text{ prema (100)}$$

$$\tau_p = 252,08 \text{ N/mm}^2, \text{ prema (102)}$$

$$\sigma_{dop} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 900 = 630 \text{ N/mm}^2$$

Uvrštavanjem u izraz (103) dobije se

$$\sigma_{red} = \sqrt{220^2 + 3 \cdot 252,08^2} = 488,91 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 630 \text{ N/mm}^2. \quad (104)$$

***Odabrani vijci zadovoljavaju!***

## 6.6 Proračun osovine bubnja

Potreban promjer osovine bubnja odredit će se iz izraza

$$d_o \geq \sqrt{\frac{32 \cdot c_b \cdot F_{max}}{\pi \cdot \sigma_{dop}}}, \quad (105)$$

gdje su vrijednosti

$$F_{max} = 86704,55 \text{ N maksimalna sila u užetu, prema (6)}$$

$$\sigma_{dop} = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ dopušteno naprezanje, prema [3], str. 533. za Č0561}$$

$$c_b = 1,5 \dots 2; \text{ odabrano } c_b = 2$$

Uvrštavanjem u izraz (105) dobije se

$$d_o \geq \sqrt{\frac{32 \cdot 2 \cdot 86704,55}{\pi \cdot 160}} = 105,096 \text{ mm.} \quad (106)$$

Odabran je promjer osovine bubnja:  **$d_o = 106 \text{ mm}$**

## 6.7 Veza užeta s bubnjem

Sila u užetu pred ulazom u vijčanu vezu određuje se prema izrazu

$$F_v = \frac{F_{max}}{e^{\mu\alpha}}, \quad (107)$$

gdje su vrijednosti

$F_{max} = 86704,55 \text{ N}$  maksimalna sila u užetu, prema (6)

$\mu = 0,1$  faktor trenja za čelik

$\alpha = 4\pi$ , 2 navoja prije vijčane veze

Uvrštavanjem u izraz (107) dobije se

$$F_v = \frac{86704,55}{e^{0,1 \cdot 4\pi}} = 24692,66 \text{ N.} \quad (108)$$

Potrebna normalna sila u jednom vijku određuje se prema izrazu

$$F_n = 2F_{un} = 0,8 \cdot F_{max} = 0,8 \cdot 86704,55 = 69363,64 \text{ N.} \quad (109)$$

Potreban broj vijaka prema opterećenju na vlak i savijanje određuje se prema izrazu

$$z \geq \frac{F_n}{\sigma_{dop}} \cdot \left( \frac{1,3}{A_j} + \frac{32 \cdot \mu_1 \cdot h}{\pi \cdot d_1^3} \right), \quad (110)$$

Odabrani vijci za prijenos okretnog momenta **M20**, površine  **$A_j = 225 \text{ mm}^2$** . Odabrani materijal vijaka je **10,9**.

Vrijednosti su

$$d_1 = 17,294 \text{ mm}$$

$$h = 2 \cdot d = 2 \cdot 20 = 40 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{900}{2,5} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$R_e = 0,9 \cdot 1000 = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 2,5$$

$$\mu_1 = \frac{\mu}{\sin \beta} = \frac{0,1}{\sin 40^\circ} = 0,15$$

$$\mu = 0,1$$

$$\beta = 40^\circ; \text{ kut trapeznog žljeba}$$

Uvrštavanjem u izraz (110) dobije se

$$z \geq \frac{69363,64}{360} \cdot \left( \frac{1,3}{225} + \frac{32 \cdot 0,15 \cdot 40}{\pi \cdot 17,294} \right) = 3,39. \quad (111)$$

Odabran je potreban broj  $n = 4$  vijaka M20 iz materijala kvalitete 10,9.

Vijci se stavljaju po obodu bubnja na razmaku:

$$l_v \geq 5 \cdot d = 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$\gamma \cdot \frac{D_b}{2} = l_v$$

$$\gamma = \frac{2 \cdot l_v}{D_b} = \frac{2 \cdot 100}{508} = 0,3937 \text{ rad} = 22,56^\circ$$

## 6.8 Kontrola vijčane veze užeta s bubnjem

Moment pritezanja određuje se prema izrazu (97)

$$T_p = F_p \cdot \left( 0,16 \cdot P + \mu \cdot \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right)$$

gdje su vrijednosti

$$P = 2,5 \text{ mm uspon navoja}$$

$$d_2 = 18,376 \text{ mm srednji promjer navoja}$$

$$\mu = 0,2 \text{ koeficijent trenja na bokovima navoja i na glavi vijka}$$

$$D_{sr} = 1,4 \cdot d = 1,4 \cdot 20 = 28 \text{ mm srednji promjer površine glave}$$

Sila prenaprezanja određuje se prema izrazu (95)

$$F_p = A_j \cdot \sigma_{pr},$$



gdje su vrijednosti

$$A_j = 225\text{mm}^2 \text{ površina vijka,}$$

a prenaprezanje se određuje prema [4], str. 125. slika 2,21

$$\sigma_{pr} = \frac{120 + 205}{2} = 162,5 \text{ N/mm}^2$$

Uvrštavanjem u izraz (95) dobije se

$$F_p = 225 \cdot 162,5 = 36562,5\text{N}. \quad (112)$$

Uvrštavanjem vrijednosti i izraza (112) u izraz (97) dobije se

$$T_p = 36562,5 \cdot \left( 0,16 \cdot 2,5 + 0,2 \cdot \frac{18,376 + 28}{2} \right) = 184187,25\text{Nmm}. \quad (113)$$

Vlačno naprezanje određuje se prema izrazu

$$\sigma_v = \frac{F_n}{A_j} < \sigma_{dop}, \quad (114)$$

gdje su vrijednosti

$$F_n = 69363,64\text{N} \text{ potrebna normalna sila u jednom vijku, prema izrazu (109)}$$

$$A_j = 225\text{mm}^2 \text{ površina vijka,}$$

Uvrštavanjem u izraz (114) dobije se

$$\sigma_v = \frac{69363,64}{225} = 308,28 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 360 \text{ N/mm}^2. \quad (115)$$

Torzijsko naprezanje određuje se prema izrazu (101)

$$\tau_p = \frac{16 \cdot T_p}{\pi \cdot d_3^3}$$

gdje su vrijednosti

$$T_p = 184187,25\text{Nmm} \text{ moment pritezanja, prema izrazu (113)}$$

$$d_3 = 17,294\text{mm}$$

Uvrštavanjem u izraz (101) dobije se

$$\tau_p = \frac{16 \cdot 184187,25}{\pi \cdot 17,294^3} = 181,45 \text{ N/mm}^2. \quad (116)$$

Reducirano naprezanje određuje se prema izrazu (103)

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_v^2 + 3\tau_p^2} < \sigma_{dop}$$

gdje su vrijednosti

$$\sigma_v = 308,28 \text{ N/mm}^2, \text{ prema (115)}$$

$$\tau_p = 181,45 \text{ N/mm}^2, \text{ prema (116)}$$

$$\sigma_{dop} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 900 = 630 \text{ N/mm}^2$$

Uvrštavanjem u izraz (103) dobije se

$$\sigma_{red} = \sqrt{308,28^2 + 3 \cdot 181,45^2} = 440,23 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 630 \text{ N/mm}^2. \quad (117)$$

***Odabrani vijci zadovoljavaju!***

## 7 ODABIR MOTORA ZA DIZANJE

### 7.1 Snaga motora

Potrebna snaga motora za dizanje određuje se prema izrazu

$$P_{potr} = \frac{m_d \cdot v_d \cdot g}{\eta_{uk}}, \quad (118)$$

gdje su vrijednosti

$$m_d = 35t = 35000\text{kg masa tereta}$$

$$v_d(v_1) = 8 \text{ m/min} = 8/60 \text{ m/s brzina dizanja}$$

a ukupna korisnost određuje se prema izrazu

$$\eta_{uk} = \eta_R \cdot \eta_B \cdot \eta_K, \quad (119)$$

gdje su vrijednosti

$$\eta_R = 0,95 \text{ stupanj djelovanja reduktora}$$

$$\eta_B = 0,96 \text{ stupanj djelovanja bubnja}$$

$$\eta_K = 0,98 \text{ stupanj djelovanja kočnice}$$

Uvrštavanjem u izraz (119) dobije se

$$\eta_{uk} = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,98 = 0,89. \quad (120)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (120) u izraz (118) dobije se

$$P_{potr} = \frac{35000 \cdot \frac{8}{60} \cdot 9,81}{0,89} = 51438,20\text{W} = 51,438\text{kW}. \quad (121)$$

Za pogonsku grupu 2m relativno trajanje uključenja je: **ED = 40%**; prema [1], str. 222. tablica 1

Brzina bubnja određuje se prema izrazu

$$v_b = i_k \cdot v_d, \quad (122)$$

gdje su vrijednosti

$$v_d(v_1) = 8 \text{ m/min} = 8/60 \text{ m/s brzina dizanja}$$

$$i_k = 2 \text{ prijenosni omjer koloturnika, prema poglavlju 2.1 izraz (2)}$$

Uvrštavanjem u izraz (122) dobije se

$$v_b = 2 \cdot \frac{8}{60} = \frac{4}{15} \text{ m/s}. \quad (123)$$

Kutna brzina bubnja određuje se prema izrazu

$$\omega_b = \frac{v_b}{\frac{D_b}{2}}, \quad (124)$$

gdje su vrijednosti

$$v_b = 4/15 \text{ m/s} \text{ brzina bubnja, prema izrazu (123)}$$

$$D_b = 508 \text{ mm} \text{ odabrani promjer bubnja}$$

Uvrštavanjem u izraz (124) dobije se

$$\omega_b = \frac{\frac{4}{15}}{\frac{0,508}{2}} = 1,049 \text{ rad/s}. \quad (125)$$

Broj okretaja bubnja određuje se prema izrazu

$$n_b = \frac{\omega_b}{2\pi}, \quad (126)$$

Uvrštavanjem izraza (125) u izraz (126) dobije se

$$n_b = \frac{1,049}{2\pi} = 0,1670 \text{ s}^{-1} = 10,02 \text{ min}^{-1}. \quad (127)$$

Prema zadanim podacima izabran je motor (polno-preklopivi) s reduktorom i kočnicom:

**SEW EURODRIVE K187DVE 250M4/BMG**

Osnovni podaci:

$$P = 55 \text{ kW}$$

$$n = 1450 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{izl} = 10 \text{ min}^{-1}$$

$$i_{red} = 144,59$$

$$M_k = 500 \text{ Nm}$$

$$I_{EM} = 267 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

Ø190x320 izlazno vratilo

$$m = 2060 \text{ kg}$$

$$M = 51500 \text{ Nm}$$

## 7.2 Provjera kočnice motora

Moment kočenja određuje se prema izrazu

$$M_k = M_{st,k} + M_{din} \quad (128)$$

Statički moment kočenja određuje se prema izrazu

$$M_{st,k} = m_d \cdot g \cdot \frac{v_d}{\omega_{EM}} \cdot \eta_{uk}, \quad (129)$$

gdje su vrijednosti

$$m_d = 35t = 35000\text{kg masa tereta}$$

$$v_d(v_1) = 8 \text{ m/min} = 8/60 \text{ m/s brzina dizanja}$$

a kutna brzina motora se određuje prema izrazu

$$\omega_{EM} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}, \quad (130)$$

gdje je  $n = 1450\text{min}^{-1}$  broj okretaj motora.

Uvrštavanjem u izraz (130) dobije se

$$\omega_{EM} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1450}{60} = 151,76\text{s}^{-1}, \quad (131)$$

Iskoristivost u kočnom stanju određuje se prema izrazu

$$\eta_k = 2 - \frac{1}{\eta_{uk}}, \quad (132)$$

gdje je  $\eta_{uk} = 0,89$  korisnost, prema izrazu (120)

Uvrštavanjem u izraz (132) dobije se

$$\eta_k = 2 - \frac{1}{0,89} = 0,87. \quad (133)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (131), (133) u izraz (129) dobije se

$$M_{st,k} = 35000 \cdot 9,81 \cdot \frac{8}{151,76} \cdot 0,87 = 262,44\text{Nm}. \quad (134)$$

Dinamički moment kočenja određuje se prema izrazu

$$M_{din} = I_R \cdot \varepsilon \quad (135)$$

Moment inercije reducirane mase određuje se prema izrazu

$$I_R = I_{rot} + I_{trans} \quad (136)$$

Moment inercije rotirajućih masa određuje se prema izrazu

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta \quad (137)$$

gdje su vrijednosti

$$I_{EM} = 267 \cdot 10^{-4} \text{kgm}^2 \text{ moment inercije elektromotora}$$

$$\beta = 1,2$$

Uvrštavanjem u izraz (137) dobije se

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta = 267 \cdot 10^{-4} \cdot 1,2 = 0,03204 \text{kgm}^2. \quad (138)$$

Moment inercije translacijske mase određuje se prema izrazu

$$I_{trans} = m_d \cdot \left( \frac{v_d}{\omega_{EM}} \right)^2 \cdot \eta_k, \quad (139)$$

gdje su vrijednosti

$$m_d = 35 \text{t} = 35000 \text{kg} \text{ masa tereta}$$

$$v_d(v_1) = 8 \text{ m/min} = 8/60 \text{ m/s} \text{ brzina dizanja}$$

$$\omega_{EM} = 151,76 \text{s}^{-1} \text{ kutna brzina, prema izrazu (131)}$$

$$\eta_k = 0,87 \text{ iskoristivost u kočnom stanju, prema (133)}$$

Uvrštavanjem u izraz (139) dobije se

$$I_{trans} = 35000 \cdot \left( \frac{8/60}{151,76} \right)^2 \cdot 0,87 = 0,02350 \text{kgm}^2. \quad (140)$$

Uvrštavanjem izraza (138) i (140) u izraz (136) dobije se

$$I_R = 0,03204 + 0,02350 = 0,05554 \text{kgm}^2. \quad (141)$$

Konstantno kutno usporenje određuje se prema izrazu

$$\varepsilon = \frac{\omega_{EM}}{t_z}, \quad (142)$$

gdje su vrijednosti

$$\omega_{EM} = 151,76 \text{s}^{-1} \text{ kutna brzina, prema izrazu (131)}$$

$$t_z = 1,5 \text{s} \text{ vrijeme zaustavljanja, odabrano}$$

Uvrštavanjem u izraz (142) dobije se

$$\varepsilon = \frac{151,76}{1,5} = 101,17 \text{s}^{-2}. \quad (143)$$

Uvrštavanjem izraza (141) i (143) u izraz (135) dobije se

$$M_{din} = 0,05554 \cdot 101,17 = 5,61\text{Nm}. \quad (144)$$

Uvrštavanjem izraza (134) i (144) u izraz (128) dobije se

$$M_k = 262,44 + 5,61 = 268,05\text{Nm} < 500\text{Nm}. \quad (145)$$

***Odabrana kočnica zadovoljava!***

## 8 MEHANIZAM ZA VOŽNJU

### 8.1 Proračun kotača vitla

Opterećenje kotača definira se izrazom

$$F = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}, \quad (146)$$

a za vitlo vrijedi da je  $F = F_{max}$

Ako pretpostavimo oslanjanje na 4 kotača dobije se izraz

$$F = F_{max} = \frac{(m_v + m_t) \cdot g}{4}, \quad (147)$$

gdje su vrijednosti

$$m_t = 35t = 35000\text{kg masa tereta,}$$

a pretpostavljena masa vitla određuje se prema izrazu za nosivosti od 10...50t; prema [2], str. 143

$$m_v = 2,8 + \frac{m_t}{16}; \quad (148)$$

Uvrštavanjem u izraz (148) dobije se

$$m_v = 2,8 + \frac{35}{16} = 4,9875t = 4987,5\text{kg.} \quad (149)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (149) u izraz (147) dobije se

$$F = F_{max} = \frac{(4987,5 + 35000) \cdot 9,81}{4} = 98069,34\text{N.} \quad (150)$$

Promjer kotača određuje se prema izrazu

$$D_K \geq \frac{F}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot p_d \cdot b_t}, \quad (151)$$

gdje su vrijednosti

$$F = F_{max} = 98069,34\text{N opterećenje kotača}$$

$$p_d = 5,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{ za tračnice s ravnom glavom}$$

a korisna širina glave tračnice određuje se prema izrazu

$$b_t = k - 2r_1, \quad (152)$$



Za odabranu tračnicu: A55, prema [2], str. 104. tablica 1 očitani su potrebni podaci

$$k = 55\text{mm, širina glavine}$$

$$r_1 = 5\text{mm}$$

$$k_1 = 1, \text{ za materijal kotača Č0545 površinski kaljen}$$

$$k_2 = 1, \text{ za } 31,5\text{min}^{-1}, \text{ pretpostavka}$$

$$k_3 = 1, \text{ za srednju pogonsku grupu}$$

Uvrštavanjem u izraz (152) dobije se

$$b_t = 55 - 2 \cdot 5 = 45\text{mm.} \quad (153)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (153) u izraz (151) dobije se

$$D_K \geq \frac{98069,34}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5,6 \cdot 45} = 389,16\text{mm.} \quad (154)$$

Odabran je promjer kotača  $D_K = 400\text{mm}$ , prema [2], str. 105. tablica 8,2

Provjera koeficijenta  $k_2$  određuje se prema izrazu

$$n = \frac{v_v}{D_K \cdot \pi}, \quad (155)$$

gdje su vrijednosti

$$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s brzina vožnje vitla}$$

$$D_K = 400\text{mm odabrani promjer kotača}$$

Uvrštavanjem u izraz (155) dobije se

$$n = \frac{26}{0,4 \cdot \pi} = 20,7\text{min}^{-1}. \quad (156)$$

Za  $n = 20,7\text{min}^{-1}$ , očitano je  $k_2 = 1,06$  koji odgovara  $n = 20\text{min}^{-1}$ .

Uvrštavanjem u izraz (151) dobije se

$$D_K \geq \frac{98069,34}{1 \cdot 1,06 \cdot 1 \cdot 5,6 \cdot 45} = 367,13\text{mm} < 400\text{mm.} \quad (157)$$

**Odabrani kotač zadovoljava!**

## 8.2 Izbor motora za vožnju

Potrebna snaga za ustaljenu vožnju određuje se prema izrazu

$$P_v = \frac{F_v \cdot v_v}{\eta}, \quad (158)$$

gdje su vrijednosti

$F_v = W_v = 1400\text{N}$ , sila potrebna za svladavanje otpora vožnje, prema [2], str. 68. slika 5,1, očitano za  $D = 400\text{mm}$  i  $m_{tr} = m_v + m_t = 4,9875 + 35 = 39,9875\text{t}$

$$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s} \text{ brzina vožnje vitla}$$

$$\eta = 0,93, \text{ stupanj korisnosti mehanizma za vožnju}$$

Uvrštavanjem u izraz (158) dobije se

$$P_v = \frac{1400 \cdot \frac{26}{60}}{0,93} = 652,33\text{W}. \quad (159)$$

Sila kod pokretanja određuje se prema izrazu

$$F_p = F_v + \beta_v \cdot m_{tr} \cdot \frac{v_v}{t_p}, \quad (160)$$

gdje su vrijednosti

$$F_v = W_v = 1400\text{N}, \text{ sila potrebna za svladavanje otpora vožnje}$$

$$\beta_v = 1,2, \text{ faktor sigurnosti od 20\%}$$

$$t_p = 6\text{s} \text{ vrijeme pokretanja, prema [2], str. 64. tablica 4,1}$$

$$m_{tr} = 39987,5\text{kg} \text{ masa vitla i tereta}$$

Uvrštavanjem u izraz (160) dobije se

$$F_p = 1400 + 1,2 \cdot 39987,5 \cdot \frac{26}{6} = 4865,58\text{N}. \quad (161)$$

Nominalna snaga motora određuje se prema izrazu

$$P_n = \frac{F_n \cdot v_v}{\eta}, \quad (162)$$

gdje su vrijednosti

$$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s} \text{ brzina vožnje vitla}$$

$$\eta = 0,93, \text{ stupanj korisnosti mehanizma za vožnju}$$

$$F_n = 0,6F_p = 0,6 \cdot 4865,58 = 2919,35\text{N}$$

Uvrštavanjem u izraz (162) dobije se

$$P_n = \frac{2919,35 \cdot \frac{26}{60}}{0,93} = 1360,27W. \quad (163)$$

Brzina okretanja kotača prema izrazu (156) iznosi  $n = 20,7\text{min}^{-1}$ .

Za pogonsku grupu 2m relativno trajanje uključenja je:  $ED = 30\%$ ; prema [1], str. 222. tablica 1

Prema zadanim podacima izabrani su zasebno blokovi kotača koji imaju motor s reduktorom u sklopu i blokovi kotača bez motora.

Kotači: **DEMAG DRS-200-A50-A-65-K-X-A40**

Motor: **DEMAG AME 40 TD-M0-50-1-127 ZBF 90 B 2 B020**

Osnovni podaci motora:

$$P = 0,8kW$$

$$n = 2670\text{min}^{-1}$$

$$n_{izl} = 22\text{min}^{-1}$$

$$i_{red} = 127$$

$$M_k = 20Nm$$

$$I_{EM} = 21,69 \cdot 10^{-3}\text{kgm}^2$$

$$m = 28,2\text{kg}$$

$$M = 356Nm$$

Osnovni podaci kotača:

$$Q = 10000\text{kg}$$

$$v = 26 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

55x55 tračnica (St70/E360)

### 8.3 Provjera motora za vožnju

Provjera motora obzirom na pokretanje određuje se prema izrazu

$$M_p = M_{stat} + M_{din} \quad (164)$$

Statički moment određuje se prema izrazu

$$M_{stat} = \frac{F_v}{\eta} \cdot \left( \frac{v_v}{\omega_{EM}} \right), \quad (165)$$

gdje su vrijednosti

$F_v = W_v = 1400\text{N}$ , sila potrebna za svladavanje otpora vožnje

$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s}$  brzina vožnje vitla

$\eta = 0,93$ , stupanj korisnosti mehanizma za vožnju

a kutna brzina elektromotora se računa prema izrazu (130) gdje je  $n = 2670\text{min}^{-1}$ .

Uvrštavanjem u izraz (130) dobije se

$$\omega_{EM} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2670}{60} = 279,46\text{s}^{-1}. \quad (166)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (166) u izraz (165) dobije se

$$M_{stat} = \frac{1400}{0,93} \cdot \left( \frac{\frac{26}{60}}{279,46} \right) = 2,3342\text{Nm}. \quad (167)$$

Dinamički moment određuje se prema izrazu

$$M_{din} = I_R \cdot \frac{\omega_{EM}}{t}, \quad (168)$$

gdje su vrijednosti

$t = 6\text{s}$

$\omega_{EM} = 279,46\text{s}^{-1}$  prema izrazu (166)

Moment inercije reducirane mase određuje se prema izrazu (136)

$$I_R = I_{rot} + I_{trans}$$

Moment inercije rotirajućih masa određuje se prema izrazu (137)

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta$$

gdje su vrijednosti

$I_{EM} = 21,69 \cdot 10^{-3}\text{kgm}^2$  moment inercije elektromotora

$\beta = 1,2$  faktor sigurnosti od 20%

Uvrštavanjem u izraz (137) dobije se

$$I_{rot} = I_{EM} \cdot \beta = 21,69 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 = 0,026028 \text{kgm}^2. \quad (169)$$

Moment inercije translacijske mase određuje se prema izrazu

$$I_{trans} = \frac{m_{tr}}{\eta} \cdot \left( \frac{v_v}{\omega_{EM}} \right)^2, \quad (170)$$

gdje su vrijednosti

$$m_{tr} = 39987,5 \text{kg} \text{ masa vitla i tereta}$$

$$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s} \text{ brzina vožnje vitla}$$

$$\omega_{EM} = 279,46 \text{s}^{-1} \text{ kutna brzina, prema izrazu (166)}$$

$$\eta_k = 0,93$$

Uvrštavanjem u izraz (170) dobije se

$$I_{trans} = \frac{39987,5}{0,93} \cdot \left( \frac{26}{279,46} \right)^2 = 0,103382 \text{kgm}^2. \quad (171)$$

Uvrštavanjem izraza (169) i (171) u izraz (136) dobije se

$$I_R = 0,026028 + 0,103382 = 0,12941 \text{kgm}^2. \quad (172)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (172) u izraz (168) dobije se

$$M_{din} = 0,12941 \cdot \frac{279,46}{6} = 6,0274 \text{Nm}. \quad (173)$$

Uvrštavanjem izraza (167) i (173) u izraz (164) dobije se

$$M_p = 2,3342 + 6,0274 = 8,3616 \text{Nm}. \quad (174)$$

Odabrani motor mora zadovoljiti uvjet

$$\frac{M_p}{M_n} < 1,7 \dots 2, \quad (175)$$

gdje je

$$M_p = 8,3616 \text{Nm} \text{ prema izrazu (174),}$$

a nazivni moment motora određuje se prema izrazu

$$M_n = \frac{P}{\omega_{EM}}, \quad (176)$$

gdje su

$P = 0,8\text{kW}$  snaga elektromotora

$\omega_{EM} = 279,46\text{s}^{-1}$  kutna brzina, prema izrazu (166)

Uvrštavanjem u izraz (176) dobije se

$$M_n = \frac{2 \cdot 800}{279,46} = 5,725\text{Nm}. \quad (177)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (177) u izraz (175) dobije se

$$\frac{M_p}{M_n} = 1,46 < 1,7 \dots 2. \quad (178)$$

**Odabrani motor zadovoljava!**

#### 8.4 Provjera snage motora obzirom na proklizavanje

Minimalno vrijeme pokretanja vitla bez tereta određuje se prema izrazu

$$t_{min} = 1,2 \cdot \frac{\beta_v \cdot m_v \cdot v_v}{(\mu_a \cdot G_a - W_s)}, \quad (179)$$

gdje su vrijednosti

$m_v = 4987,5\text{kg}$  masa vitla

$v_v(v_2) = 26\text{ m/min} = 26/60\text{ m/s}$  brzina vožnje vitla

$\mu_A = 0,2$ , prema [2], str. 62. suhe tračnice, zatvoren prostor

$W_s = 250\text{N}$  otpor vožnje, prema [2], str. 68. slika 5.1

Faktor  $\beta_v$  određuje se prema izrazu

$$\beta_v = 1 + \frac{\beta \cdot I_{EM}}{m_v} \cdot \left(\frac{\omega_{EM}}{v_v}\right)^2 \cdot \eta, \quad (180)$$

gdje su vrijednosti

$\beta = 1,2$  faktor sigurnosti od 20%

$I_{EM} = 21,69 \cdot 10^{-3}\text{kgm}^2$  moment inercije elektromotora

$m_v = 4987,5\text{kg}$  masa vitla

$\omega_{EM} = 279,46\text{s}^{-1}$  kutna brzina, prema izrazu (166)

$v_v(v_2) = 26\text{ m/min} = 26/60\text{ m/s}$  brzina vožnje vitla

$\eta = 0,93$

Uvrštavanjem u izraz (180) dobije se

$$\beta_v = 1 + \frac{1,2 \cdot 21,69 \cdot 10^{-3}}{4987,5} \cdot \left( \frac{279,46}{\frac{26}{60}} \right)^2 \cdot 0,93 = 3,018. \quad (181)$$

$G_A$  određuje se prema izrazu

$$G_A = G \cdot \frac{n_p}{n_k}, \quad (182)$$

gdje su vrijednosti

$$n_k = 4 \text{ broj kotača vitla}$$

$$G = 4987,5 \cdot 9,81 = 48927,375 \text{ N težina vitla bez tereta,}$$

a broj pogonskih kotača određuje se prema izrazu

$$n_p \geq n_k \cdot \left( \frac{F_p}{\mu_A \cdot m_v \cdot g} \right), \quad (183)$$

gdje su vrijednosti

$$n_k = 4 \text{ broj kotača vitla}$$

$$F_p = 4865,58 \text{ N sila kod pokretanja, prema izrazu (161)}$$

$$\mu_A = 0,2, \text{ prema [2], str. 62. suhe tračnice, zatvoren prostor}$$

$$m_v = 4987,5 \text{ kg masa vitla}$$

Uvrštavanjem u izraz (183) dobije se

$$n_p \geq 4 \cdot \left( \frac{4865,58}{0,2 \cdot 4987,5 \cdot 9,81} \right) = 1,98. \quad (184)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (184) u izraz (182) dobije se

$$G_A = 48927,375 \cdot \frac{2}{4} = 24463,68 \text{ N.} \quad (185)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (181), (185) u izraz (179) dobije se

$$t_{min} = 1,2 \cdot \frac{3,018 \cdot 4987,5 \cdot \frac{26}{60}}{(0,2 \cdot 24463,68 - 250)} = 1,685 \text{ s.} \quad (186)$$

Moment pokretanja kojim bi se vitlo ubrzalo za  $t_{min}$  određuje se prema izrazu

$$M_{po} = I_R \cdot \frac{\omega_{EM}}{t_{min}} + M_{st,o}, \quad (187)$$

gdje su vrijednosti

$$I_R = 0,12941 \text{kgm}^2, \text{ prema izrazu (172)}$$

$$\omega_{EM} = 279,46 \text{s}^{-1} \text{ kutna brzina, prema izrazu (166)}$$

$$t_{min} = 1,685 \text{s, prema izrazu (186)}$$

a  $M_{st,o}$  određuje se prema izrazu

$$M_{st,o} = \frac{W_{v,o}}{\eta} \cdot \frac{v_v}{\omega_{EM}}, \quad (188)$$

gdje su vrijednosti

$$W_{v,o} = 250 \text{N otpori ustaljene vožnje bez tereta, prema [2], str. 68. slika 5.1}$$

$$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s brzina vožnje vitla}$$

$$\eta = 0,93$$

$$\omega_{EM} = 279,46 \text{s}^{-1} \text{ kutna brzina, prema izrazu (166)}$$

Uvrštavanjem u izraz (188) dobije se

$$M_{st,o} = \frac{250}{0,93} \cdot \frac{26}{279,46} = 0,4168 \text{Nm}. \quad (189)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (189) u izraz (187) dobije se

$$M_{po} = 0,12941 \cdot \frac{279,46}{1,685} + 0,4168 = 21,879 \text{Nm}. \quad (190)$$

Srednji moment pokretanja odabranog motora određuje se prema izrazu

$$M_{p,sr} = 1,5 \cdot M_n, \quad (191)$$

gdje je  $M_n = 5,725 \text{Nm}$ .

Uvrštavanjem u izraz (191) dobije se

$$M_{p,sr} = 1,5 \cdot 5,725 = 8,5875 \text{Nm}. \quad (192)$$

Motor mora zadovoljiti uvjet

$$M_{po} > M_{p,sr}$$

$$21,879 \text{Nm} > 8,5875 \text{Nm}$$

***Odabrani motor zadovoljava!***



### 8.5 Provjera kočnice motora

Moment kočenja određuje se prema izrazu

$$M_k = \eta_k \cdot (Q + G) \cdot \frac{v_v}{\omega_{EM}} \cdot \left( \frac{\beta_v}{g} \cdot \frac{v_v}{t_z} - \frac{w}{1000} \right) < M_{k,m} = 20 \text{ Nm}, \quad (193)$$

gdje su vrijednosti

$$v_v(v_2) = 26 \text{ m/min} = 26/60 \text{ m/s} \text{ brzina vožnje vitla}$$

$$\omega_{EM} = 279,46 \text{ s}^{-1} \text{ kutna brzina, prema izrazu (166)}$$

$$\beta_v = 3,018, \text{ prema izrazu (181)}$$

$w = 8 \text{ N/kN} = 0,008 \text{ N/N}$  specifičan otpor vožnje za  $D = 400 \text{ mm}$ , prema [2], str. 59. dijagram 3.4

Stupanj korisnosti u kočnom stanju iznosi

$$\eta_k = \left( 2 - \frac{1}{\eta} \right) = \left( 2 - \frac{1}{0,93} \right) = 0,92. \quad (194)$$

Težina vitla i tereta iznosi

$$(Q + G) = (m_v + m_t) \cdot g = (4987,5 + 35000) \cdot 9,81 = 392277,375 \text{ N}. \quad (195)$$

Potrebno vrijeme zaustavljanja treba biti

$$t_z \leq 5 \cdot \beta_v \cdot v_v = 5 \cdot 3,018 \cdot \frac{26}{60} = 6,539 \text{ s}. \quad (196)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (194), (195) i (196) u izraz (193) dobije se

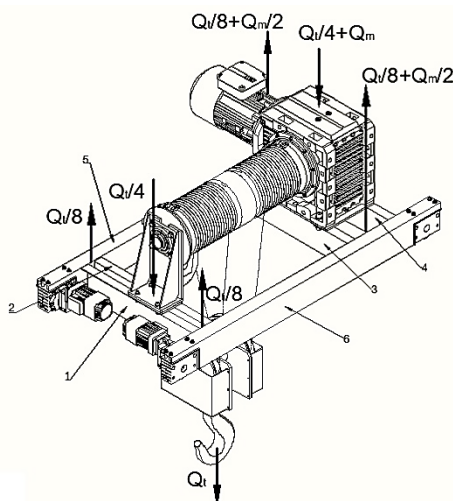
$$M_k = 0,92 \cdot 392277,375 \cdot \frac{\frac{26}{60}}{279,46} \cdot \left( \frac{3,018}{9,81} \cdot \frac{\frac{26}{60}}{6,539} - \frac{0,008}{1000} \right) = 11,40 \text{ Nm}$$

**Odabrana kočnica zadovoljava!**

## 9 PRORAČUN NOSIVE KONSTRUKCIJE VITLA

### 9.1 Profil UPN 280

Potrebno je provjeriti odabrane profile UPN 280 za zadano naprezanje. Profili 3 i 4 prikazani na slici 24. su opterećeniji od profila 1 i 2 zbog dodatne težine motora te je za njih proveden kontrolni proračun na savijanje.



Slika 24. Prikaz sila na vitlu

Naprezanje na savijanje određuje se prema izrazu

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W_x} < \sigma_{dop}, \quad (197)$$

gdje su vrijednosti

$$\sigma_{dop} = 240 \text{ N/mm}^2, \text{ prema [3], str. 533,}$$

a moment savijanja se računa prema izrazu

$$M_f = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{\left(\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}\right) \cdot l}{8}, \quad (198)$$

gdje su vrijednosti

$$Q_t = 350 \text{ kN, težina tereta}$$

$$Q_m = 20 \text{ kN, težina motora}$$

$$l = 1450 \text{ mm, dužina profila.}$$

Uvrštavanjem u izraz (198) dobije se

$$M_f = \frac{\left(\frac{350 \cdot 10^3}{8} + \frac{20 \cdot 10^3}{2}\right) \cdot 1450}{8} = 9742187,5 \text{ N}. \quad (199)$$

Uvrštavanjem brojčanih vrijednosti i izlučivanjem nepoznanice iz izraza (197), dobije se potreban moment otpora grede

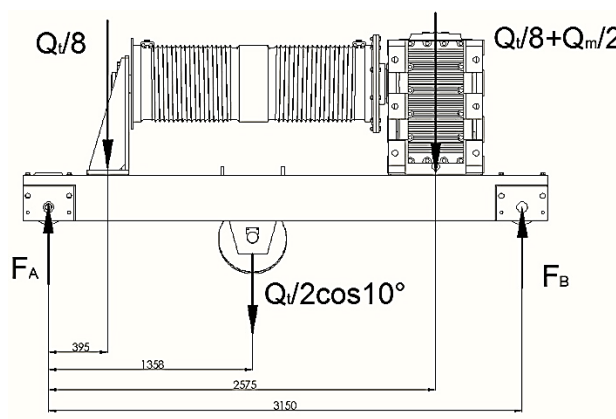
$$W_x \geq \frac{M_f}{\sigma_{dop}} = \frac{9742187,5}{240} = 40592,45 \text{ mm}^3. \quad (200)$$

Za odabrani profil UPN 280 moment otpora grede iznosi  $W_x = 448 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ .

**Odabrani profil UPN 280 zadovoljava!**

## 9.2 Pravokutna cijev 300x150

Potrebno je provjeriti i odabrane pravokutne cijevi 300x150 označene s 5 i 6 na slici 24. na savijanje. Cijev 5 je više opterećena nego cijev 6 jer na sebi nosi komponentu izravnavajuće užnice koja nosi pola tereta te je za nju proveden kontrolni proračun na savijanje.



**Slika 25. Prikaz sila na pravokutnoj cijevi**

Reakcije u osloncima odredit će se iz uvjete ravnoteže

$$\sum F_y = 0: F_A - \frac{Q_t}{8} - \frac{Q_t}{2} \cos 10^\circ - \left(\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}\right) + F_B = 0, \quad (201)$$

$$\sum M_A = 0: -\frac{Q_t}{8} \cdot 395 - \frac{Q_t}{2} \cos 10^\circ \cdot 1358 - \left(\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}\right) \cdot 2575 + F_B \cdot 3150 = 0. \quad (202)$$

Iz izraza (202) dobije se izraz za veličinu reakcije u osloncu B

$$F_B = \frac{\frac{Q_t}{8} \cdot 395 + \frac{Q_t}{2} \cos 10^\circ \cdot 1358 + \left(\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}\right) \cdot 2575}{3150}, \quad (203)$$

gdje su vrijednosti

$$Q_t = 350 \text{ kN, težina tereta}$$

$$Q_m = 20 \text{ kN, težina motora}$$

Uvrštavanjem u izraz (203) dobije se

$$F_B = \frac{\frac{350}{8} \cdot 395 + \frac{350}{2} \cos 10^\circ \cdot 1358 + \left(\frac{350}{8} + \frac{20}{2}\right) \cdot 2575}{3150} = 123,72 \text{ kN.} \quad (204)$$

Iz izraza (201) dobije se izraz za veličinu reakcije u osloncu A

$$F_A = \frac{Q_t}{8} + \frac{Q_t}{2} \cos 10^\circ + \left(\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}\right) - F_B, \quad (205)$$

Uvrštavanjem izraz (204) u izraz (205) dobije se

$$F_A = \frac{350}{8} + \frac{350}{2} \cos 10^\circ + \left(\frac{350}{8} + \frac{20}{2}\right) - 123,72 = 146,12 \text{ kN.} \quad (206)$$

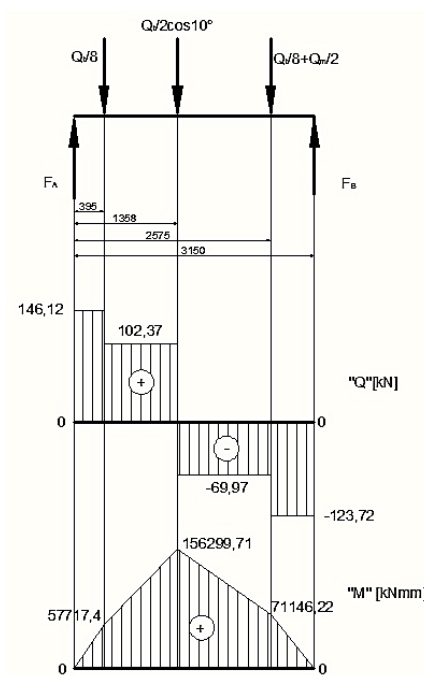
Naprezanje na savijanje određuje se prema izrazu (197)

gdje su vrijednosti

$$\sigma_{dop} = 306,7 \text{ N/mm}^2, \text{ dopušteno naprezanje za čelik S460, prema [9],}$$

a najveći moment savijanja očitao je sa slike 26. i iznosi

$$M_{max} = 156299710 \text{ Nmm}$$



Slika 26. Najveći moment na pravokutnoj cijevi

Uvrštavanjem brojčanih vrijednosti i izlučivanjem nepoznanice iz izraza (197), dobije se potreban moment otpora pravokutne cijevi

$$W_x \geq \frac{M_{max}}{\sigma_{dop}} = \frac{156299710}{306,7} = 509617,57 \text{ mm}^3. \quad (207)$$

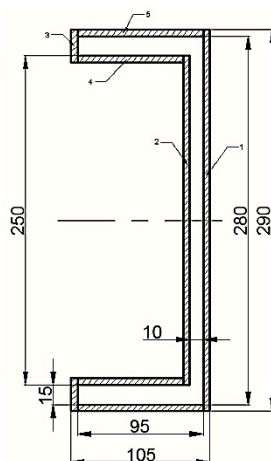
Za odabranu pravokutnu cijev 300x150 debljine stjenke 10mm moment otpora iznosi

$$W_x = 648 \cdot 10^3 \text{ mm}^3.$$

**Odabrana pravokutna cijev zadovoljava!**

### 9.3 Provjera kritičnih zavora nosive konstrukcije vitla

Kritični zavori na nosivoj konstrukciji vitla su zavori koji spajaju UPN 280 profile s pravokutnom cijevi i zavori nosača nosivog lima izravnavajuće užnice. Od zavora koji spajaju profile s cijevi, opterećeniji su oni na strani motora te je na njih proveden kontrolni proračun. Navedeni zavori su opterećeni na smik i savijanje. Odabrana veličina zavora iznosi  $a = 5 \text{ mm}$ .



**Slika 27. Proračunski presjek zavora**

Površina presjeka zavora iznosi

$$A_z = 290 \cdot 5 + 250 \cdot 5 + 2 \cdot (25 \cdot 5 + 80 \cdot 5 + 95 \cdot 5) = 4700 \text{ mm}^2. \quad (208)$$

Moment tromosti presjeka zavora se računa prema izrazu

$$I_x = I_1 + I_2 + 2I_3 + 2I_4 + 2I_5, \quad (209)$$

gdje se  $I_1, I_2$  računaju prema izrazu

$$I = \frac{a \cdot h^3}{12}, \quad (210)$$

a  $I_3, I_4, I_5$  se računaju prema izrazu

$$I = \frac{a \cdot h^3}{12} + a \cdot h \cdot z^2, \quad (211)$$

gdje je  $z$  udaljenost do težišta presjeka odabranog zavora.

$$I_1 = \frac{5 \cdot 290^3}{12} = 10162083,33 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{5 \cdot 250^3}{12} = 6510416,67 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = \frac{5 \cdot 25^3}{12} + 5 \cdot 25 \cdot 132,5^2 = 2201041,67 \text{ mm}^4$$

$$I_4 = \frac{80 \cdot 5^3}{12} + 80 \cdot 5 \cdot 122,5^2 = 6003333,33 \text{ mm}^4$$

$$I_5 = \frac{95 \cdot 5^3}{12} + 95 \cdot 5 \cdot 142,5^2 = 9646458,33 \text{ mm}^4$$

Uvrštavanjem u izraz (209) dobije se

$$I_x = 10162083,33 + 6510416,67 + 2 \cdot 2201041,67 + 2 \cdot 6003333,33 + 2 \cdot 9646458,33 =$$

$$I_x = 52374166,67 \text{ mm}^4. \quad (212)$$

Moment otpora presjeka zavora se računa prema izrazu

$$W_x = \frac{I_x}{e}, \quad (213)$$

gdje je  $e = 145 \text{ mm}$ , najkrajnja točka zavora.

Uvrštavanjem izraza (212) u izraz (213) dobije se

$$W_x = \frac{52374166,67}{145} = 361201,15 \text{ mm}^3. \quad (214)$$

Smično naprezanje zavora se računa prema izrazu

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{A_{\parallel}} = \frac{\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}}{A_{\parallel}}, \quad (215)$$

gdje su vrijednosti

$$Q_t = 350 \text{ kN, težina tereta}$$

$$Q_m = 20 \text{ kN, težina motora,}$$

a površina koja nosi naprezanje na smik iznosi

$$A_{\parallel} = 290 \cdot 5 + 250 \cdot 5 + 2 \cdot 25 \cdot 5 = 2950 \text{ mm}^2. \quad (216)$$

Uvrštavanjem izraza (216) u izraz (215) dobije se

$$\tau_{\parallel} = \frac{\frac{350 \cdot 10^3}{8} + \frac{20 \cdot 10^3}{2}}{2950} = 18,22 \text{ N/mm}^2. \quad (217)$$

Normalno naprezanje okomito na ravninu spoja računa se prema izrazu

$$n_{max} = \frac{M}{W_x} = \frac{\left(\frac{Q_t}{8} + \frac{Q_m}{2}\right) \cdot l}{W_x}, \quad (218)$$

gdje su vrijednosti

$$Q_t = 350 \text{ kN, težina tereta}$$

$$Q_m = 20 \text{ kN, težina motora,}$$

a za krak djelovanja sile uzet je nepovoljniji slučaj  $l = 820 \text{ mm}$ , s obzirom da sile ne djeluje na sredini profila.

Uvrštavanjem izraza (214) i podataka u izraz (218) dobije se

$$n_{max} = \frac{\left(\frac{350 \cdot 10^3}{8} + \frac{20 \cdot 10^3}{2}\right) \cdot 820}{361201,15} = 122,02 \text{ N/mm}^2. \quad (219)$$

Normalna naprezanja u pravom presjeku zavora, okomita na dužinu zavora računaju se prema izrazu

$$\sigma_{\perp max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{max}. \quad (220)$$

Uvrštavanjem izraza (219) u izraz (220) dobije se

$$\sigma_{\perp max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 122,02 = 86,28 \text{ N/mm}^2. \quad (221)$$

Reducirano naprezanje u presjeku zavora računa se prema izrazu

$$\sigma_{red} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp max}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel}^2}. \quad (222)$$

Uvrštavanjem izraza (221) i izraza (217) u izraz (222) dobije se

$$\sigma_{red} = \sqrt{2,8 \cdot 86,28^2 + 1,8 \cdot 18,22^2} = 146,43 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{z,dop}. \quad (223)$$

Dopušteno naprezanje zavora se računa prema izrazu

$$\sigma_{z,dop} = \beta \cdot \sigma_{dop}, \quad (224)$$

gdje su vrijednosti

$$\sigma_{dop} = 240 \text{ N/mm}^2, \text{ prema [3], str. 533,}$$

a faktor  $\beta$  se računa prema izrazu

$$\beta = 0,8 \cdot \left(1 + \frac{1}{a}\right). \quad (225)$$

Uvrštavanjem vrijednosti  $a = 5\text{mm}$  u izraz (225) dobije se

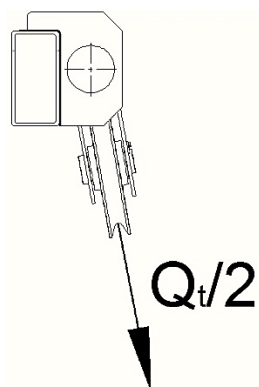
$$\beta = 0,8 \cdot \left(1 + \frac{1}{5}\right) = 0,96. \quad (226)$$

Uvrštavanjem izraza (226) u izraz (224) dobije se

$$\sigma_{z,dop} = 0,96 \cdot 240 = 230,4 \text{ N/mm}^2. \quad (227)$$

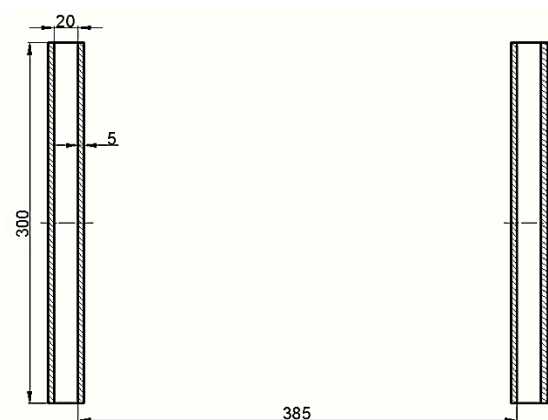
**Odabrani zavar zadovoljava!**

Zavar koji spaja nosače izravnavajuće užnice i pravokutnu cijev je opterećen na smik, savijanje i vlak. Unatoč tome što je nosač zavaren sa svih strana, proračunati su samo vertikalni zavari jer su oni i najviše opterećeni.



**Slika 28. Prikaz djelovanja sile na nosače izravnavajuće užnice**

Odabrana veličina zavora iznosi  $a = 5\text{mm}$ .



**Slika 29. Proračunski presjek zavora nosača izravnavajuće užnice**



Površina presjeka zavora jednog nosača iznosi

$$A_{z,1} = 300 \cdot 5 \cdot 2 = 3000 \text{ mm}^2. \quad (228)$$

Smično naprezanje zavora se računa prema izrazu

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{A_{z,1}} = \frac{\frac{Q_t}{4} \cdot \cos 10^\circ}{A_{z,1}}, \quad (229)$$

gdje je vrijednost  $Q_t = 350 \text{ kN}$ , težina tereta.

Uvrštavanjem u izraz (229) dobije se

$$\tau_{\parallel} = \frac{\frac{350 \cdot 10^3}{4} \cdot \cos 10^\circ}{3000} = 28,72 \text{ N/mm}^2. \quad (229)$$

Naprezanje na vlak se računa prema izrazu

$$\sigma_v = \frac{F}{A_{z,1}} = \frac{\frac{Q_t}{4} \cdot \sin 10^\circ}{A_{z,1}}. \quad (230)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (228) u izraz (230) dobije se

$$\sigma_v = \frac{\frac{350 \cdot 10^3}{4} \cdot \sin 10^\circ}{3000} = 5,065 \text{ N/mm}^2. \quad (231)$$

Normalno naprezanje okomito na ravninu spoja računa se prema izrazu

$$n = \frac{M}{W_x} = \frac{\frac{Q_t}{4} \cdot \cos 10^\circ \cdot l}{W_x}, \quad (232)$$

gdje su vrijednosti

$$Q_t = 350 \text{ kN, težina tereta}$$

$$l = 100 \text{ mm, krak sile}$$

a moment otpora se računa prema izrazu

$$W_x = \frac{5 \cdot 300^2}{6} = 75000 \text{ mm}^3. \quad (233)$$

Uvrštavanjem podataka i izraza (233) u izraz (232) dobije se

$$n = \frac{\frac{350 \cdot 10^3}{4} \cdot \cos 10^\circ \cdot 100}{75000} = 114,89 \text{ N/mm}^2, \quad (234)$$

Ukupno normalno naprezanje dobije se zbrojem normalnog naprezanja na ravninu spoja i naprezanja na vlak

$$n_{max} = n + \sigma_v. \quad (235)$$

Uvrštavanjem izraza (234) i izraza (231) u izraz (235) dobije se

$$n_{max} = 114,89 + 5,065 = 119,96 \text{ N/mm}^2. \quad (236)$$

Normalna naprezanja u pravom presjeku zavora, okomita na dužinu zavora računaju se prema izrazu (220) i iznose

$$\sigma_{\perp max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 119,96 = 84,82 \text{ N/mm}^2. \quad (237)$$

Reducirano naprezanje u presjeku zavora računa se prema izrazu (222) i iznosi

$$\sigma_{red} = \sqrt{2,8 \cdot 84,82^2 + 1,8 \cdot 28,72^2} = 147,07 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{z,dop}. \quad (238)$$

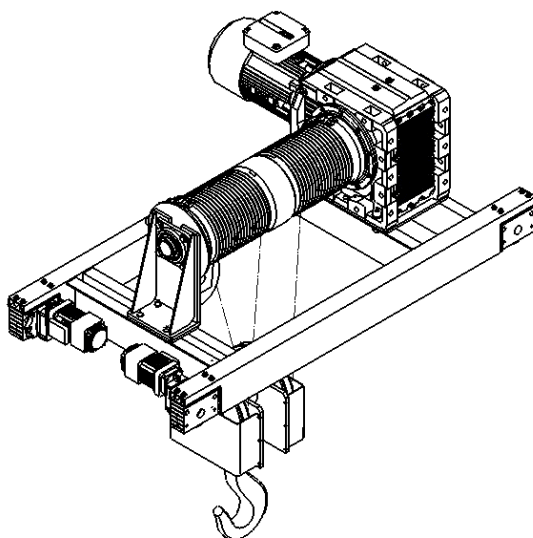
Dopušteno naprezanje zavora prema izrazu (227) iznosi

$$\sigma_{z,dop} = 230,4 \text{ N/mm}^2$$

***Odabrani zavar zadovoljava!***

## 10 ZAKLJUČAK

Prema prethodno obavljenom proračunu projektirano je i konstrukcijski razrađeno elektromotorno vitlo koje se vozi po tračnicama oslonjenim na dva glavna nosača mosnog granika. Prijenosni omjer vitla  $4/2$ , u odnosu na omjer vitla  $8/2$ , omogućio je da konstrukcija vitla bude jednostavnija, kompaktnija, broj potrebnih komponenti je manji, smanjena je mogućnost zaplitanja užeta, ali pojedine komponente su većih dimenzija što ipak ne pridonosi povećanju mase vitla jer ih ima manje. Odabrani prijenosni omjer je pridonio lakšem odabiru gotovih komponenti kao što su kotači, ležajevi, motori i vijci koji su zbog tog kompaktnijih dimenzija.



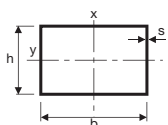
Slika 30. Vitlo mosnog granika

## **11 LITERATURA**

- [1] Ščap, D.: Transportni uređaji, podloge uz predavanja, Zagreb, 2004.
- [2] Ščap, D.: Prenosila i dizala-podloga za konstrukciju i proračun, Sveučilište u Zagrebu, 1990.
- [3] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1988.
- [4] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.
- [5] Serdar, J.: Prenosila i dizala-izvadak iz tehničke enciklopedije, Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", Zagreb, 1995.
- [6] [http://web.tradekorea.com/upload\\_file2/product/206/P00247206/cbe9caa6\\_fd3ee53a\\_3f86\\_49f5\\_bead\\_d152f8f3d3fc.jpg](http://web.tradekorea.com/upload_file2/product/206/P00247206/cbe9caa6_fd3ee53a_3f86_49f5_bead_d152f8f3d3fc.jpg)  
zadnji posjet: srpanj 2013.
- [7] [http://www.demagcranes.co.in/files/content/sites/in/files/Products/Cranes/Standardkrane/Bas\\_Cranes/B%C3%BChne/BasCranes2.png](http://www.demagcranes.co.in/files/content/sites/in/files/Products/Cranes/Standardkrane/Bas_Cranes/B%C3%BChne/BasCranes2.png)  
zadnji posjet: srpanj 2013.
- [8] [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-m/electric-wire-rope-hoist-with-double-rail-trolley-34021-2319957.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-m/electric-wire-rope-hoist-with-double-rail-trolley-34021-2319957.jpg)  
zadnji posjet: srpanj 2013.
- [9] <http://protubsa.com/pdf/1303287101.pdf>  
zadnji posjet: rujan 2013.

## **12 PRILOG**

- podaci o pravokutnoj cijevi
- podaci o motoru
- tehnička dokumentacija



## Rectangular hollow sections EN 10210

Outside dimensions	W.T.	Linear mass	Metal section area	Moment of inertia of bending	Moment of inertia of bending	Radius of inertia	Radius of inertia	Section modulus	Section modulus	Moment inertia of torsion	Modulus of torsion
b x h mm	s mm	Kg/m	A cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> cm	i <sub>y</sub> cm	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	J cm <sup>4</sup>	C cm <sup>3</sup>
260 x 180	5,0	33,10	42,23	4100,00	2339,00	9,853	7,443	315,30	259,90	4705,00	425,70
	6,3	41,90	53,40	5170,00	2930,00	9,830	7,400	397,00	325,00	5810,00	524,00
	8,0	52,70	67,20	6390,00	3610,00	9,750	7,330	492,00	401,00	7220,00	644,00
	10,0	65,10	82,90	7740,00	4350,00	9,660	7,240	595,00	483,00	8800,00	775,00
	12,5	80,10	102,00	9300,00	5200,00	9,540	7,130	715,00	577,00	10640,00	924,00
	14,2	90,10	115,00	10280,00	5720,00	9,460	7,060	791,00	635,00	11820,00	1020,00
	16,0	100,00	128,00	11240,00	6230,00	9,380	6,980	865,00	692,00	12990,00	1110,00
300 x 100	4,0	24,60	31,30	3394,00	603,00	10,400	4,390	226,00	121,00	1664,00	216,00
	5,0	30,00	38,23	4036,00	719,50	10,280	4,339	269,10	143,90	2048,00	262,10
	6,3	38,00	48,40	5110,00	890,00	10,300	4,290	341,00	178,00	2500,00	319,00
	8,0	47,70	60,80	6310,00	1080,00	10,200	4,210	420,00	216,00	3070,00	387,00
	10,0	58,80	74,90	7610,00	1280,00	10,100	4,130	508,00	255,00	3680,00	458,00
	12,5	72,30	92,10	9100,00	1490,00	9,940	4,020	607,00	297,00	4350,00	534,00
	14,2	81,10	103,00	10030,00	1610,00	9,850	3,940	669,00	321,00	4750,00	578,00
	16,0	90,30	115,00	10930,00	1720,00	9,750	3,870	729,00	344,00	5140,00	619,00
300 x 150	4,0	27,70	35,30	4270,00	1465,00	11,000	6,440	285,00	195,00	3409,00	332,00
	5,0	33,90	43,23	5124,00	1764,00	10,890	6,387	341,60	235,10	4223,00	406,80
	6,3	43,10	54,90	6521,00	2212,00	10,900	6,350	435,00	295,00	5200,00	500,00
	8,0	54,00	68,80	8010,00	2700,00	10,800	6,270	534,00	360,00	6450,00	613,00
	10,0	66,70	84,90	9720,00	3250,00	10,700	6,180	648,00	433,00	7840,00	736,00
	12,5	82,10	105,00	11690,00	3860,00	10,600	6,070	779,00	514,00	9450,00	874,00
300 x 200	4,0	30,80	39,30	5146,00	2769,00	11,500	8,400	343,00	277,00	5515,00	449,00
	5,0	37,90	48,23	6212,00	3348,00	11,350	8,332	414,10	334,80	6849,00	551,70
	6,3	47,90	61,00	7830,00	4190,00	11,300	8,290	522,00	419,00	8480,00	681,00
	8,0	60,30	76,80	9720,00	5180,00	11,300	8,220	648,00	518,00	10560,00	840,00
	10,0	74,50	94,90	11820,00	6280,00	11,200	8,130	788,00	628,00	12910,00	1020,00
	12,5	91,90	117,00	14270,00	7540,00	11,000	8,020	952,00	754,00	15680,00	1220,00
	14,2	103,00	132,00	15830,00	8330,00	11,000	7,950	1060,00	833,00	17460,00	1340,00
	16,0	115,00	147,00	17390,00	9110,00	10,900	7,870	1160,00	911,00	19250,00	1470,00
350 x 100	5,0	33,90	43,23	6017,00	832,50	11,800	4,388	343,80	166,50	2478,00	307,20
	6,0	40,40	51,45	7075,00	970,40	11,730	4,343	404,30	194,10	2915,00	359,00
	8,0	53,00	67,46	9050,00	1220,00	11,580	4,253	517,20	244,00	3729,00	453,60
	10,0	65,10	82,91	10840,00	1436,00	11,440	4,162	619,50	287,30	4463,00	536,80
	12,0	76,80	97,79	12450,00	1622,00	11,280	4,072	711,60	324,40	5119,00	609,20

# Square and rectangular hollow sections EN 10210

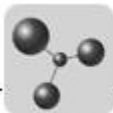
## STEEL TABLE

### CHEMICAL ANALYSIS AND MECHANICAL PROPERTIES

Steel Grade	Heat analysis – Component %						Mechanical properties		
Standard	C max.	Mn	P max.	S max.	Si	V	Tensile strength R N/mm <sup>2</sup>	Yield point Rs min. N/mm <sup>2</sup> (min.)	A Elongation A min. %(min.)
<b>S 235 JR H</b> EN 10210.1	0,17	1,4	0,045	0,045	—	—	340/470	235	26
<b>S 275 J0 H</b> EN 10210.1	0,20	1,5	0,040	0,040	—	—	410/560	275	22
<b>S 275 J2 H</b> EN 10210.1	0,20	1,5	0,035	0,035	—	—	410/560	275	22
<b>S 355 J0 H</b> EN 10210.1	0,22	1,6	0,040	0,040	≤ 0,55	—	490/630	355	22
<b>S 355 J2 H</b> EN 10210.1	0,22	1,6	0,035	0,035	≤ 0,55	—	490/630	355	22
<b>S 275 N H</b> EN 10210.1	0,20 (Nb = 0,050 – Al = 0,020 – Ti = 0,03 – Cr = 0,30 – Ni = 0,30 – Mo = 0,10 – Cu = 0,35 – N = 0,015)	0,50/1,40	0,035	0,030	≤ 0,40	0,05	370/540	275	24
<b>S 275 NL H</b> EN 10210.1	0,20 (Nb = 0,050 – Al = 0,020 – Ti = 0,03 – Cr = 0,30 – Ni = 0,30 – Mo = 0,10 – Cu = 0,35 – N = 0,015)	0,50/1,40	0,030	0,025	≤ 0,40	0,05	370/540	275	24
<b>S 355 N H</b> EN 10210.1	0,20 (Nb = 0,050 – Al = 0,020 – Ti = 0,03 – Cr = 0,30 – Ni = 0,50 – Mo = 0,10 – Cu = 0,35 – N = 0,015)	0,90/1,65	0,035	0,030	≤ 0,50	0,12	470/630	355	22
<b>S 355 NL H</b> EN 10210.1	0,18 (Nb = 0,050 – Al = 0,020 – Ti = 0,03 – Cr = 0,30 – Ni = 0,50 – Mo = 0,10 – Cu = 0,35 – N = 0,015)	0,90/1,65	0,030	0,025	≤ 0,50	0,12	470/630	355	22
<b>S 460 N H</b> EN 10210.1	0,20 (Nb = 0,050 – Al = 0,020 – Ti = 0,03 – Cr = 0,30 – Ni = 0,80 – Mo = 0,10 – Cu = 0,70 – N = 0,025)	1,00/1,70	0,035	0,030	≤ 0,60	0,20	550/720	460	17
<b>S 460 NL H</b> EN 10210.1	0,20 (Nb = 0,050 – Al = 0,020 – Ti = 0,03 – Cr = 0,30 – Ni = 0,80 – Mo = 0,10 – Cu = 0,70 – N = 0,025)	1,00/1,70	0,030	0,025	≤ 0,60	0,20	550/720	460	17
<b>22 MV 6</b> (Al = 0,050/0,030)	0,21/0,24	1,45/1,60	0,025	0,010	0,25/0,35	0,09/0,12	550/740	450	17
<b>SG 50</b>	0,22	1,30/1,70	0,030	0,025	0,10/0,50	*	≥ 610	480	17
<b>SOLDUR 420</b>	0,10	1,60	0,025	0,010	≤ 0,40		490/610	420/520	19
<b>SOLDUR 500</b>	0,10	1,60	0,025	0,010	≤ 0,40		570/700	500/600	15
<b>INDATEN 355 A</b> (Cu = 0,25/0,55 – Cr = 0,30/1,25 – Ni ≤ 0,65)	≤ 0,12	≤ 0,90	0,07/0,15	0,03	0,20/0,75		≥ 480	355 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>
<b>INDATEN 355 B</b> (Cu = 0,25/0,55 – Cr = 0,40/0,80 – Ni ≤ 0,65 – Nb = 0,015/0,06)	≤ 0,15	0,50/1,50	≤ 0,03	0,03	0,20/0,50		≥ 480	355 <sup>1</sup>	22 <sup>1</sup>

\* V + Nb: 0,21 max

<sup>1</sup> for W.T. > of 3 mm.



---

## AC gearmotor

### K187DVE250M4/BMG

---

Rated motor speed	[1/min] : 1475
Output speed	[1/min] : 10
Overall gear ratio	: 144,59
Output torque	[Nm] : 51500
Service factor SEW-FB	: 0,95
input mounting position/IM	: M1A
Terminal box position	[°] : 270
Cable entry/connector position	: X
Output shaft	[mm] : 190x320
Permitted output overhung load with n=1400	[N] : 190000
Motor power	[kW] : 55
Duration factor	: S1-100%
Efficiency (50/75/100% Pn)	[%] : - / - / 94
CE mark	: No
Motor voltage	[V] : 400/690
Wiring diagram	: DT13
Frequency	[Hz] : 50
Rated current	[A] : 102 / 59
Cos Phi	: 0,83
Thermal classification	:
Motor protection type	: IP54
Net weight	[Kg] : 2060
Brake voltage	[V] : 230

---

#### Additional feature and Options:

BME- El.brake act. switch cabinet inst. 220/230V,380/400V

BMG/BM/BR- SEW - disc brake

Output shaft (diameter x length) 190x320 mm

---

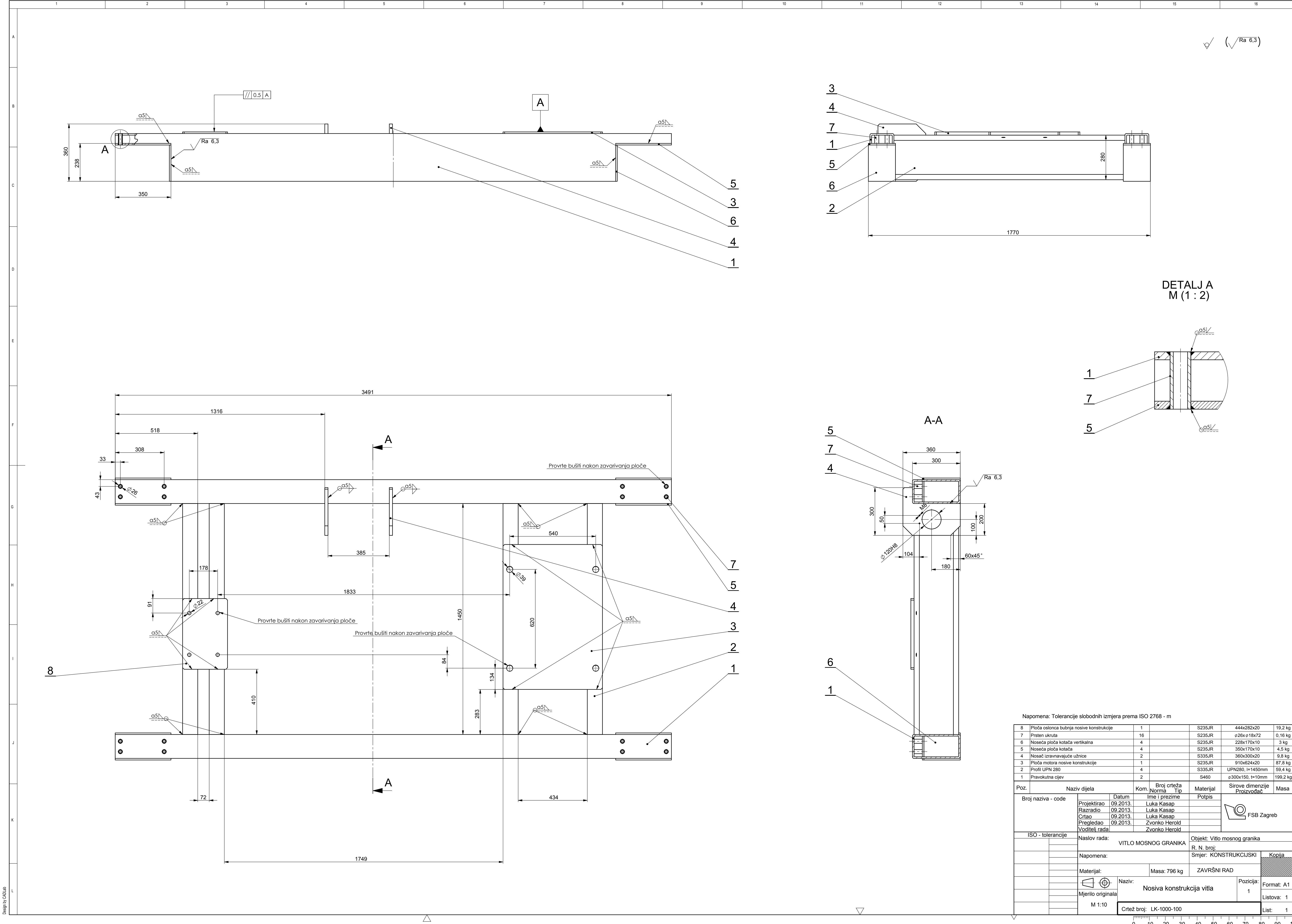
The technical data are subject to a final technical inspection.  
This inspection is made when a quotation is created.

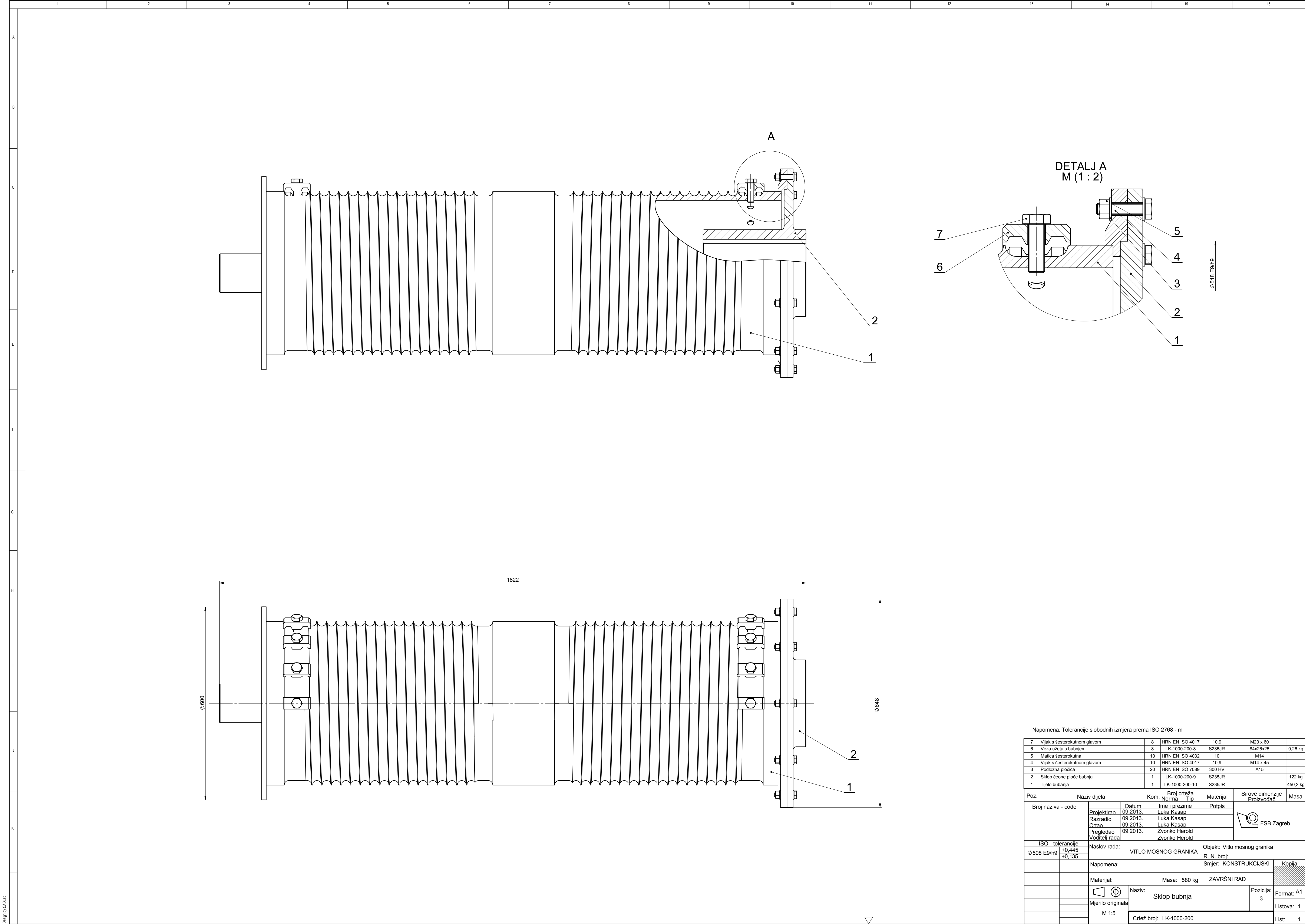
You can find the exact net weight on the order confirmation. For technical reasons, the real weight may differ from this information.

Created on: 10.7.2013 18:00:08





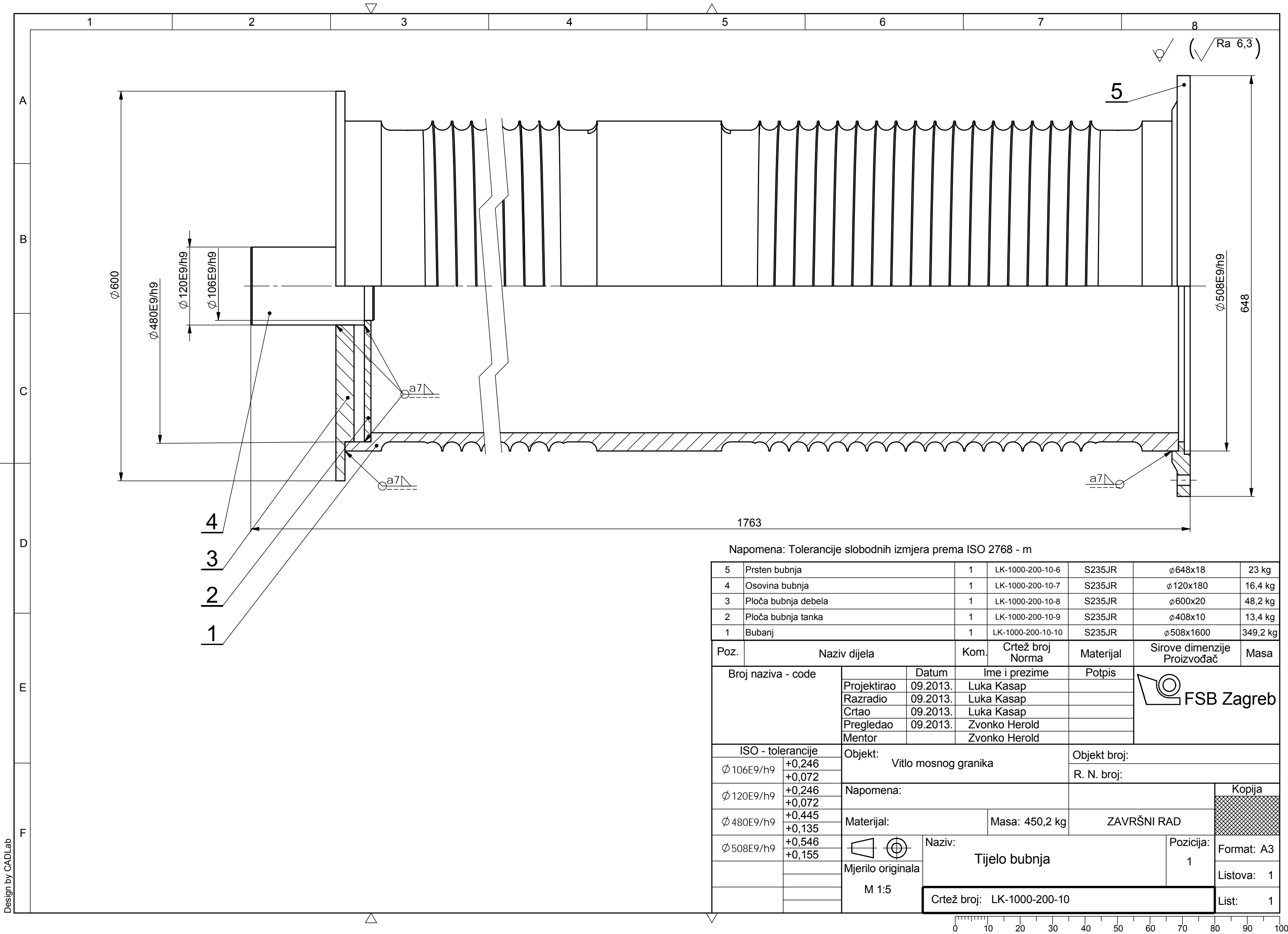





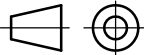
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

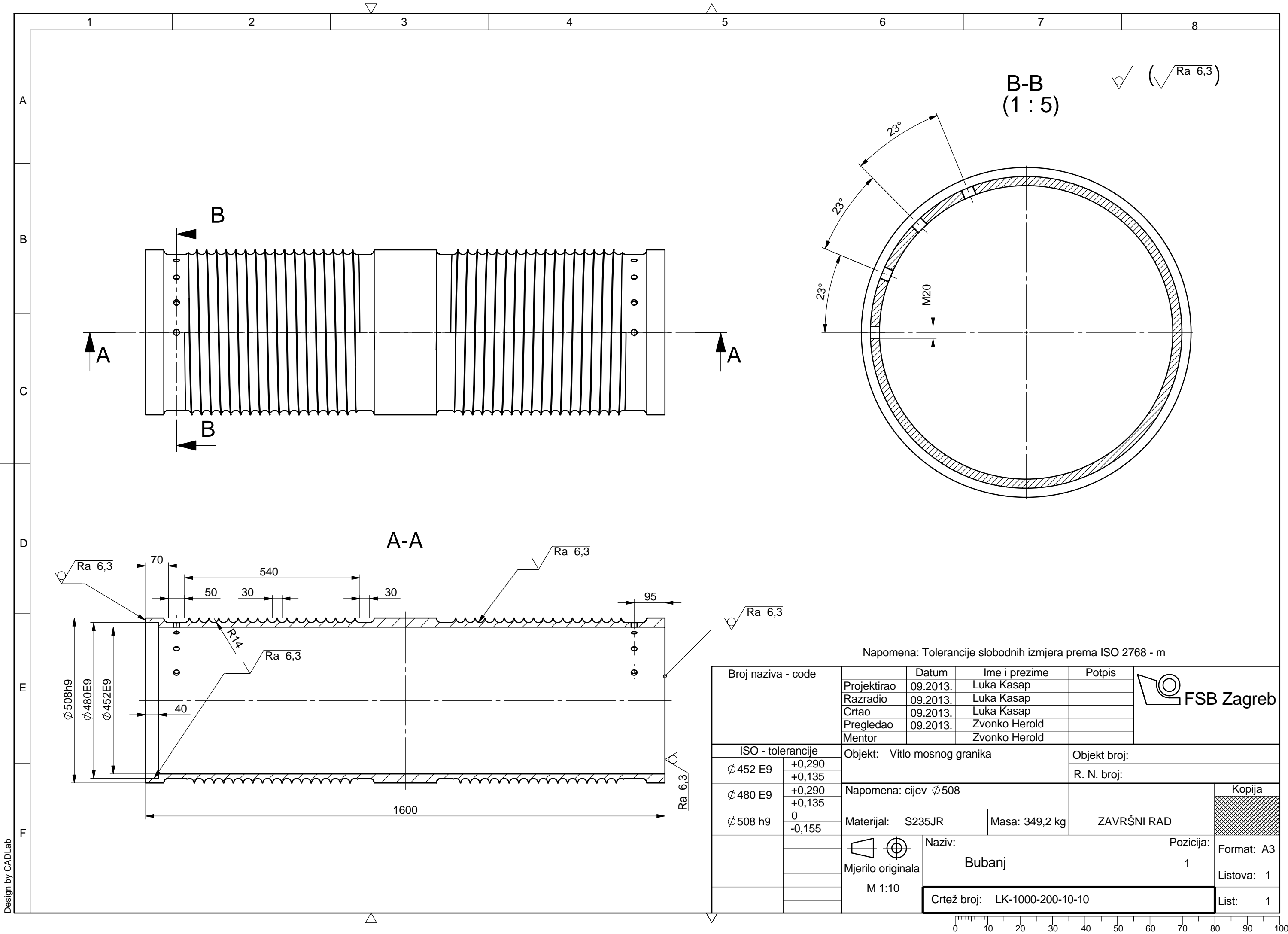
7	Vijak s šestierokutnom glavom	8	HRN EN ISO 4017	10,9	M20 x 60	
6	Veza užeta s bubnjem	8	LK-1000-200-8	S235JR	84x26x25	0,26 kg
5	Matica šestierokutna	10	HRN EN ISO 4032	10	M14	
4	Vijak s šestierokutnom glavom	10	HRN EN ISO 4017	10,9	M14 x 45	
3	Podložna pločica	20	HRN EN ISO 7089	300 HV	A15	
2	Sklop čelone ploče bubnja	1	LK-1000-200-9	S235JR		122 kg
1	Tijelo bubnja	1	LK-1000-200-10	S235JR		450,2 kg

Poz.	Naziv dijela		Kom.	Broj crteža Norma Tip	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
Projektirao			09.2013.	Luka Kasap			
Razradio			09.2013.	Luka Kasap			
Crtao			09.2013.	Luka Kasap			
Pregledao			09.2013.	Zvonko Herold			
Voditelj rada				Zvonko Herold			
ISO - tolerancije			Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
Ø 508 E9/h9			+0,445 +0,135			VITLO MOSNOG GRANIK	R. N. broj:
			Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
			Materijal:		Masa: 580 kg	ZAVRŠNI RAD	
			Naziv:			Pozicija: 3	Format: A1
Mjerilo originala			Sklop bubnja				Listova: 1
M 1:5			Crtež broj: LK-1000-200				List: 1

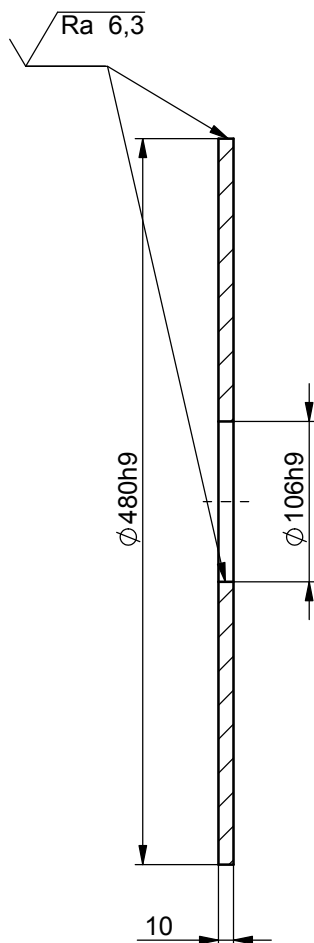


Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

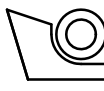
5	Prsten bubnja		1	LK-1000-200-10-6	S235JR	ø648x18	23 kg
4	Osovina bubnja		1	LK-1000-200-10-7	S235JR	ø120x180	16,4 kg
3	Ploča bubnja debela		1	LK-1000-200-10-8	S235JR	ø600x20	48,2 kg
2	Ploča bubnja tanka		1	LK-1000-200-10-9	S235JR	ø408x10	13,4 kg
1	Bubanj		1	LK-1000-200-10-10	S235JR	ø508x1600	349,2 kg
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap			
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap			
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap			
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold			
		Mentor		Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Vitlo mosnog granika			Objekt broj:		
ø106E9/h9	+0,246				R. N. broj:		
	+0,072						
ø120E9/h9	+0,246	Napomena:					
	+0,072						
ø480E9/h9	+0,445	Materijal:			ZAVRŠNI RAD		
	+0,135						
ø508E9/h9	+0,546		Naziv: Tijelo bubnja			Pozicija: 1	
	+0,155						
		Mjerilo originala  M 1:5	Crtež broj: LK-1000-200-10			Format: A3	
						Listova: 1	
						List: 1	



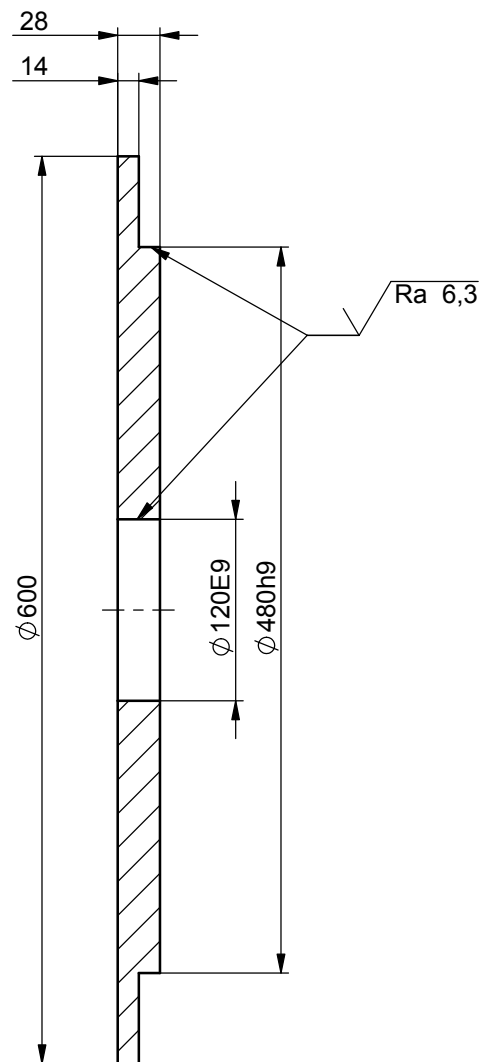
✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap	
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap	
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap	
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold	
ISO - tolerancije		Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika
$\varnothing 106 h9$	0 -0,087	VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:
$\varnothing 480 h9$	0 -0,155				
		Napomena:			Kopija
		Materijal: S235JR Masa: 13,5 kg ZAVRŠNI RAD			
		Naziv:			Pozicija:
		Ploča bubnja tanka			2
		Mjerilo originala			Format: A4
		M 1:5			Listova: 1
		Crtež broj: LK-1000-200-10-9			List: 1

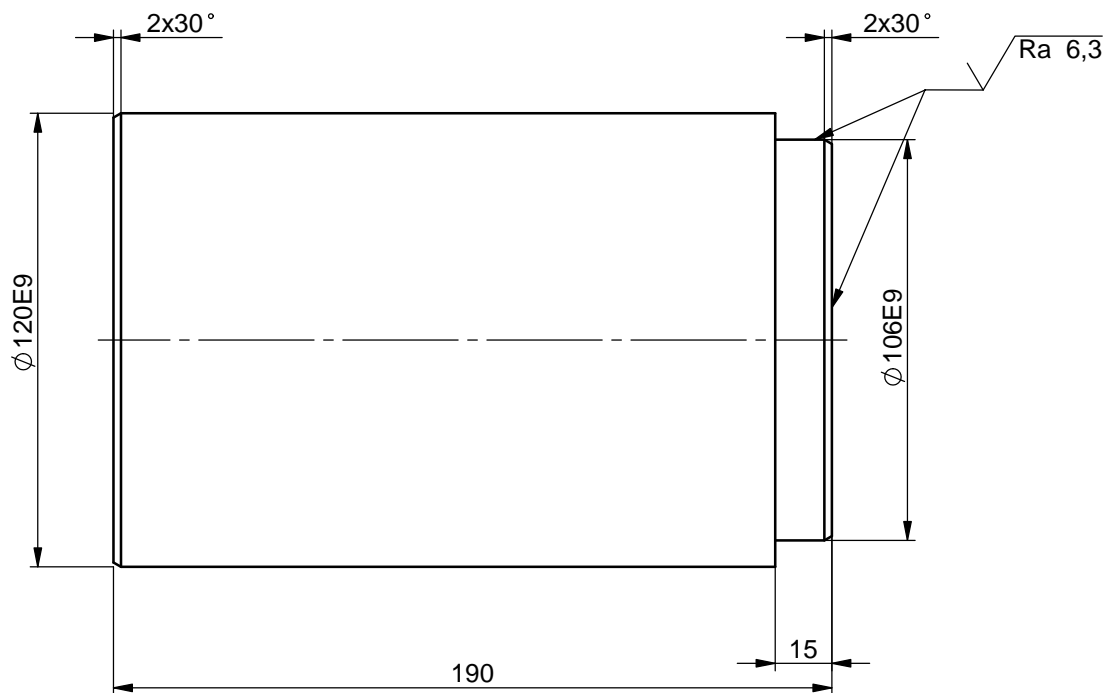
✓ (✓ Ra 6,3)



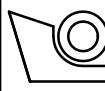
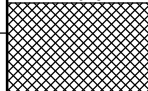
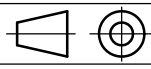
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
Ø 120 E9	+0,159 +0,072	VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Ø 480 h9	0 -0,155				Kopija	
		Materijal: S235JR			ZAVRŠNI RAD	
		Masa: 48,2 kg				
		Naziv:			Pozicija:	
		Ploča bubnja debela			3	
		Mjerilo originala			Format: A4	
		M 1:5			Listova: 1	
		Crtež broj: LK-1000-200-10-8			List: 1	

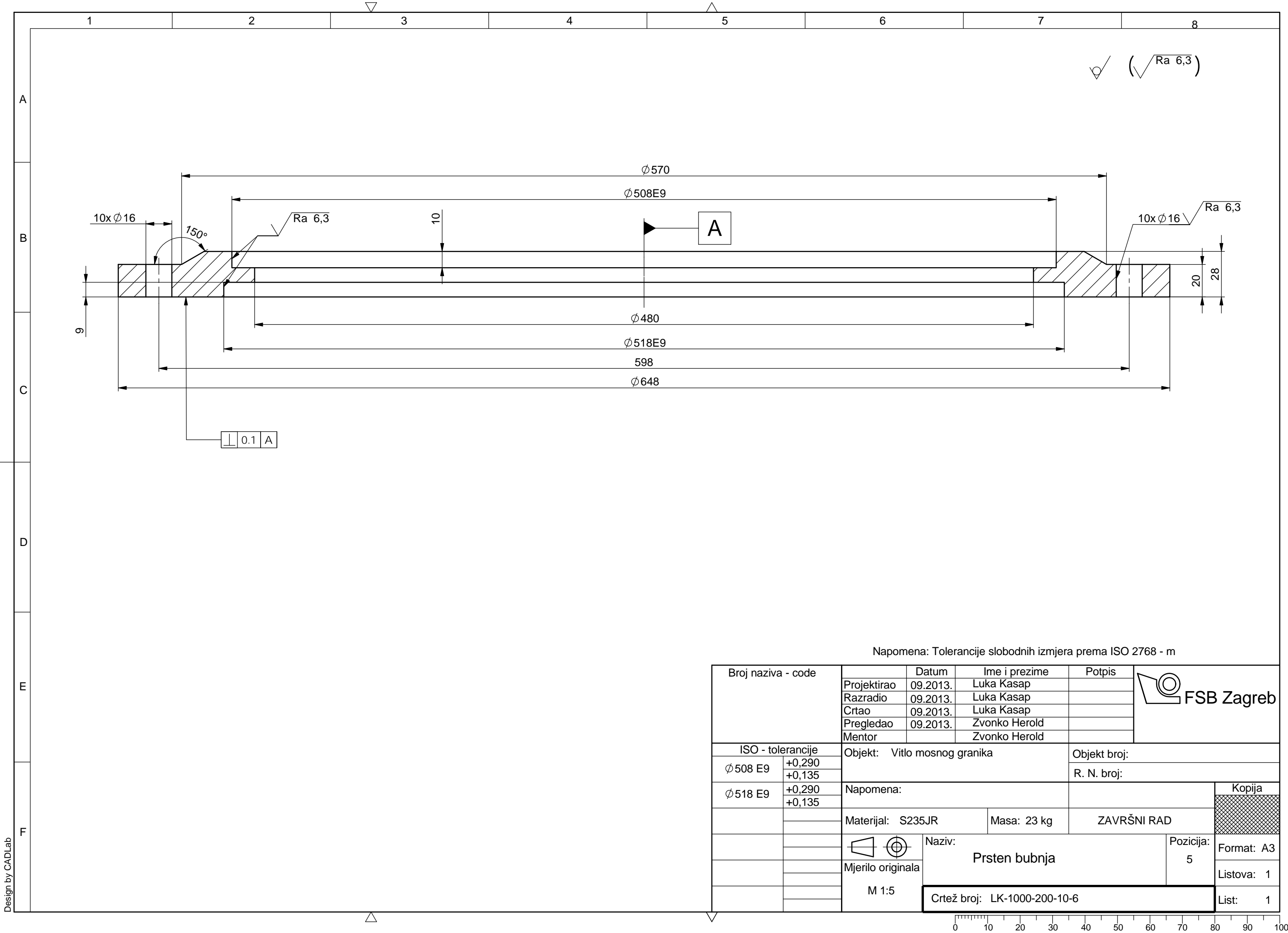
✓ (✓ Ra 6,3)

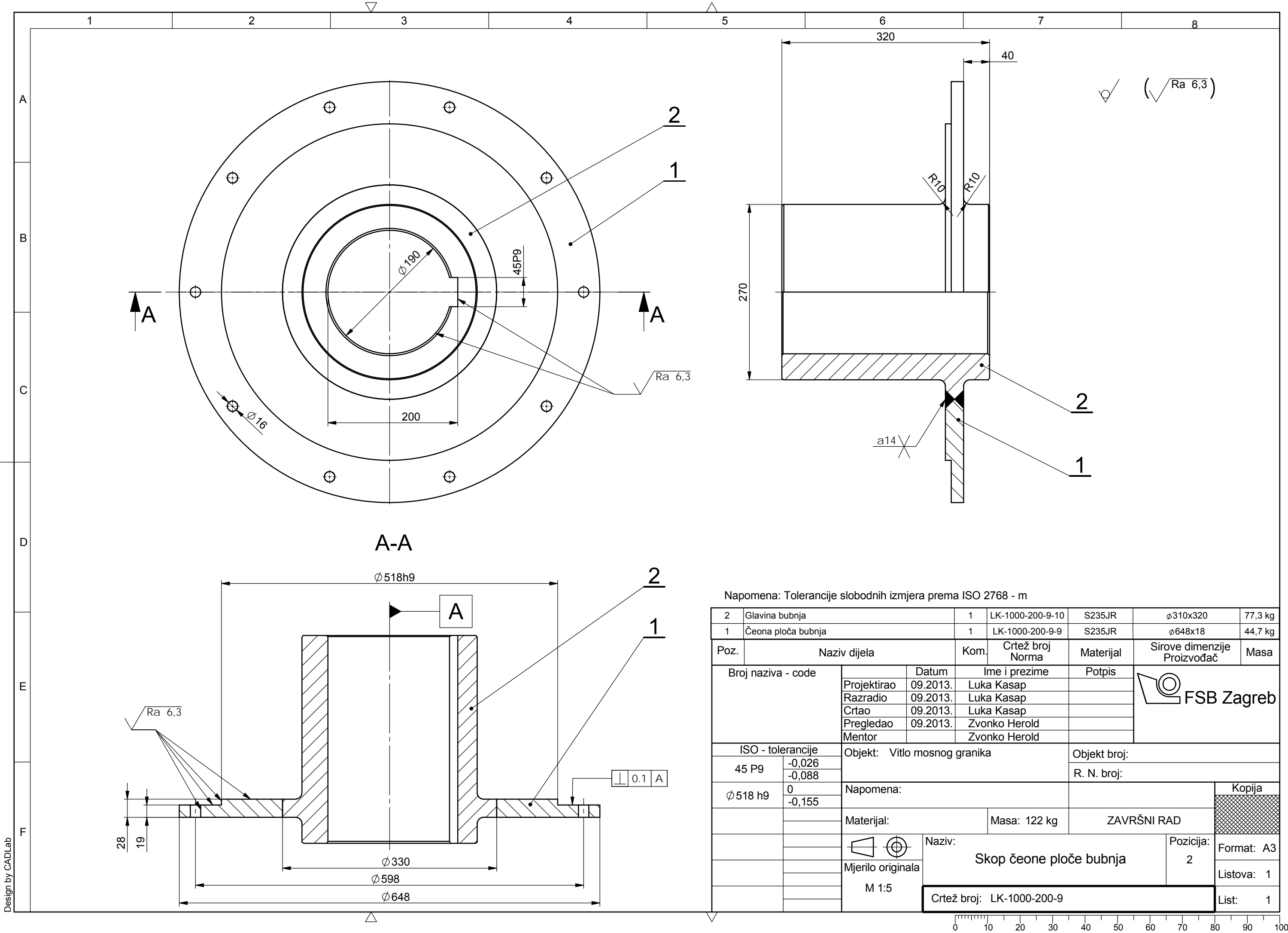


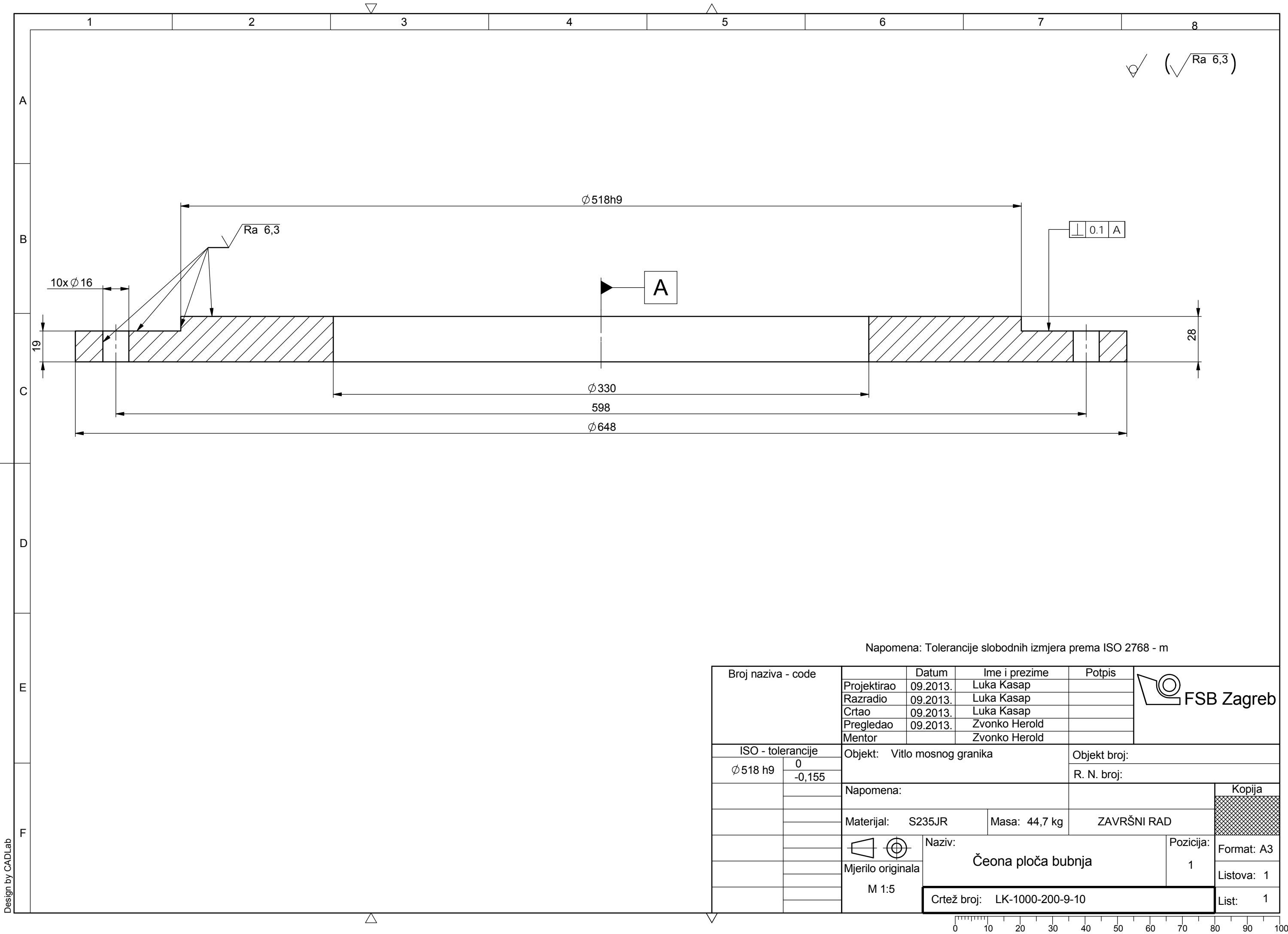
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap				
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap				
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap				
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold				
		Voditelj rada		Zvonko Herold				
ISO - tolerancije		Naslov rada:  VITLO MOSNOG GRANIKA			Objekt: Vitlo mosnog granika			
Ø 106 E9	+0,159 +0,072				R. N. broj:			
	Ø 120 E9	+0,159 +0,072	Napomena:			Kopija		
			Materijal: S235JR	Masa: 16,5 kg	ZAVRŠNI RAD			
		 Naziv:  Osovina bubnja			Pozicija:  4			
					Mjerilo originala		Format: A4	
					M 1:2		Listova: 1	
		Crtež broj: LK-1000-200-10-7			List: 1			

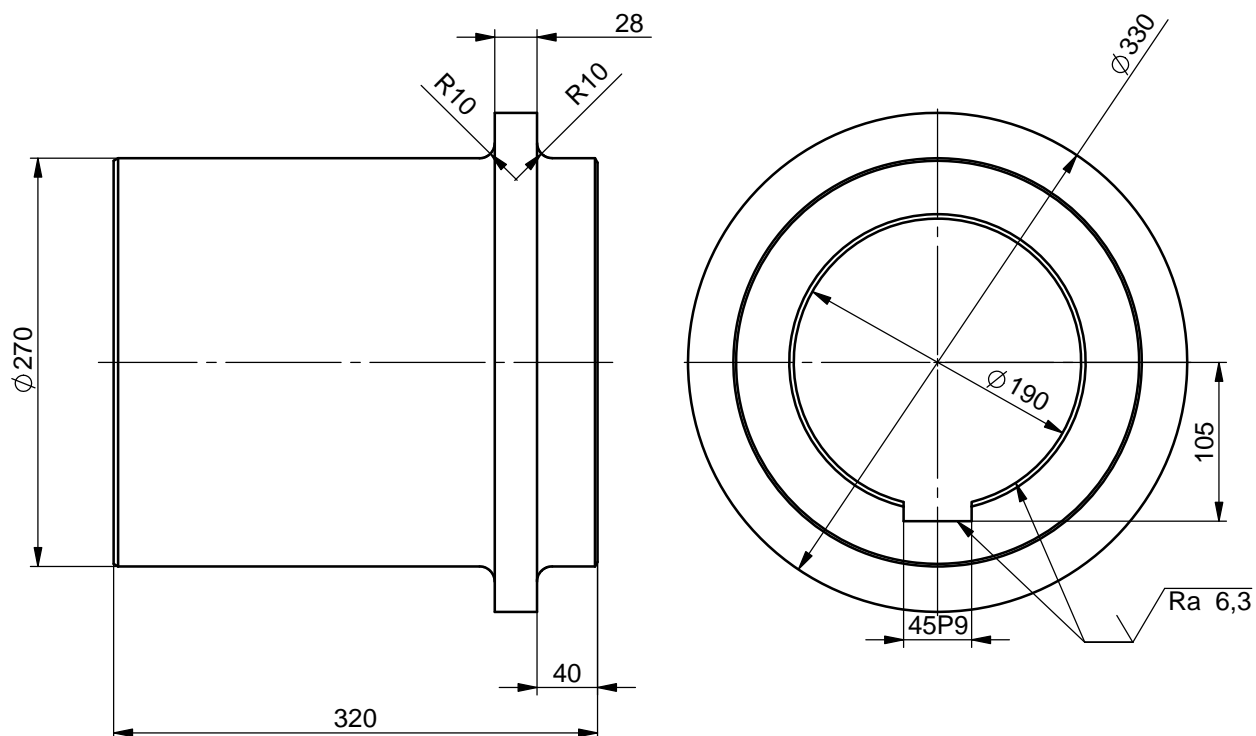





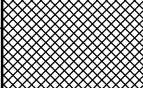





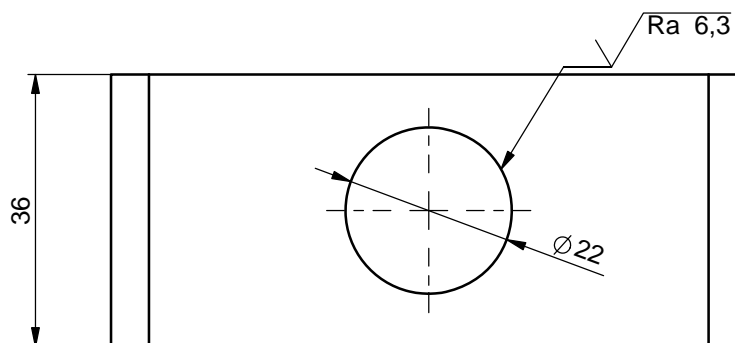
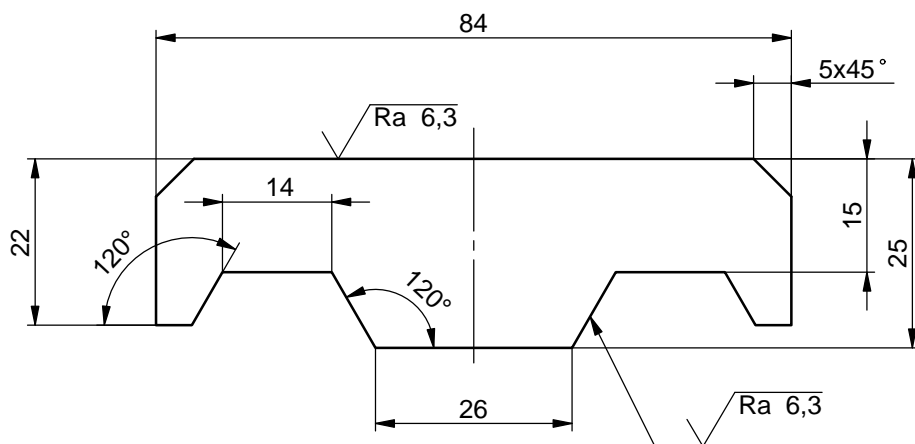
✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

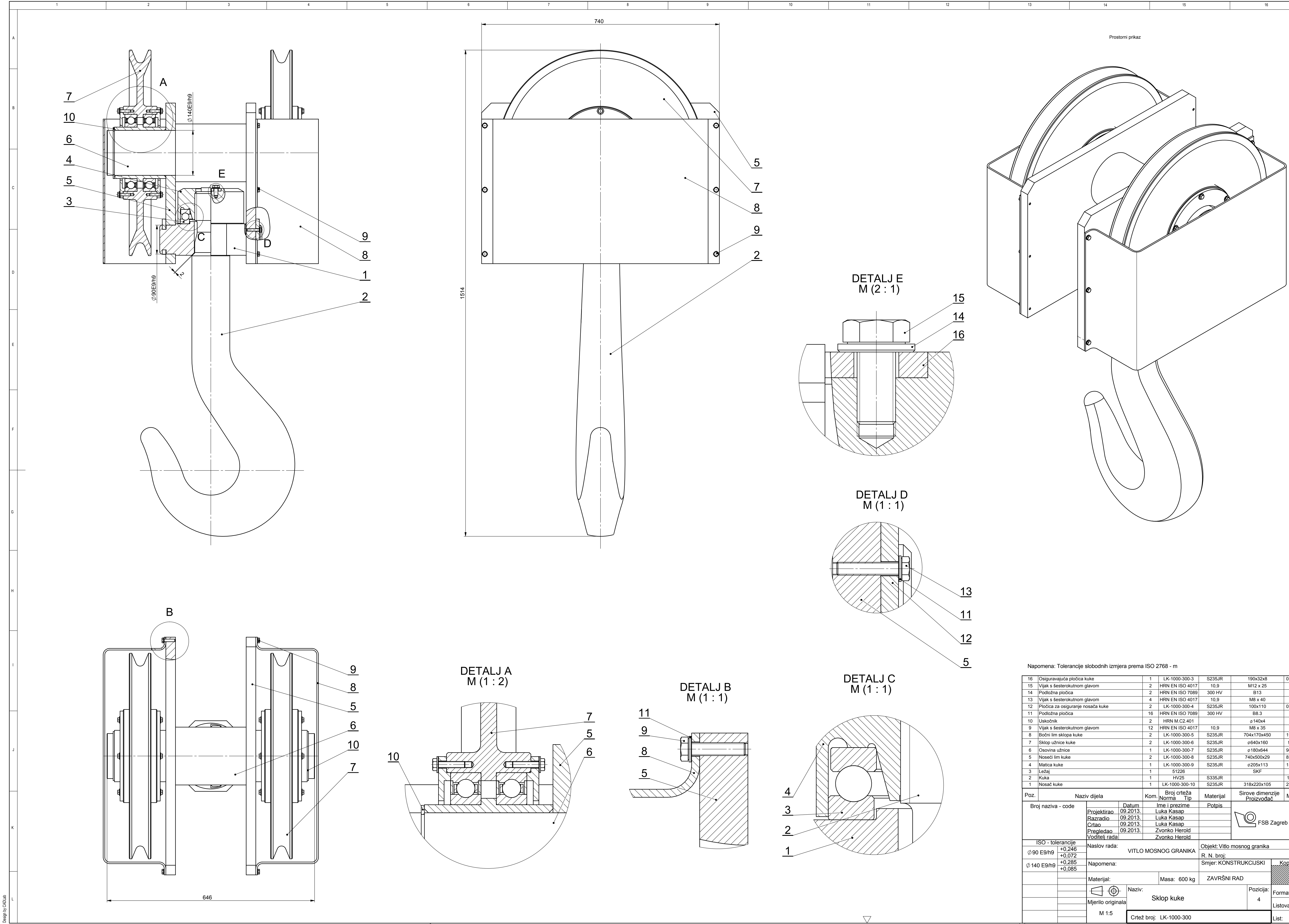
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
		Voditelj rada		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Naslov rada:  VITLO MOSNOG GRANIKA			Objekt: Vitlo mosnog granika	
45 P9	-0,026				R. N. broj:	
	-0,088					
		Napomena:			Kopija	
						
		Materijal: S235JR	Masa: 77,3 kg	ZAVRŠNI RAD		
			Naziv:  Glavina bubnja		Pozicija:	Format: A4
		Mjerilo originala			2	Listova: 1
		M 1:5	Crtež broj: LK-1000-200-9-9			List: 1

✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

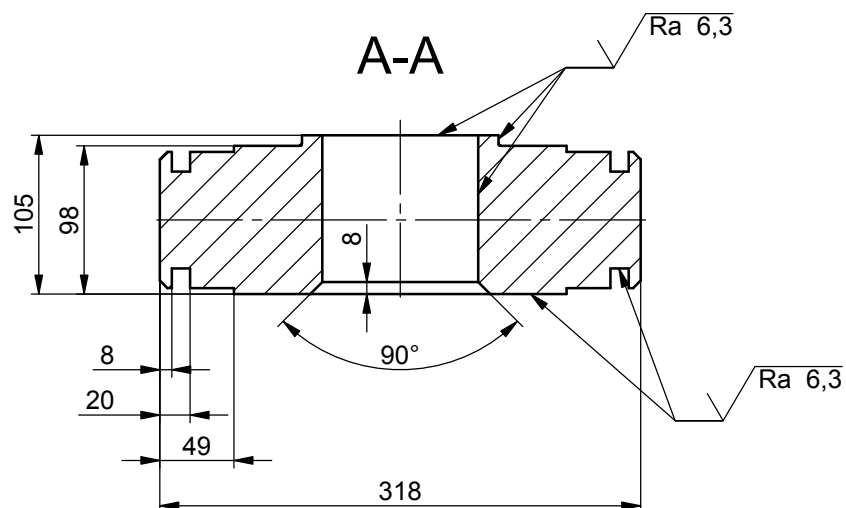
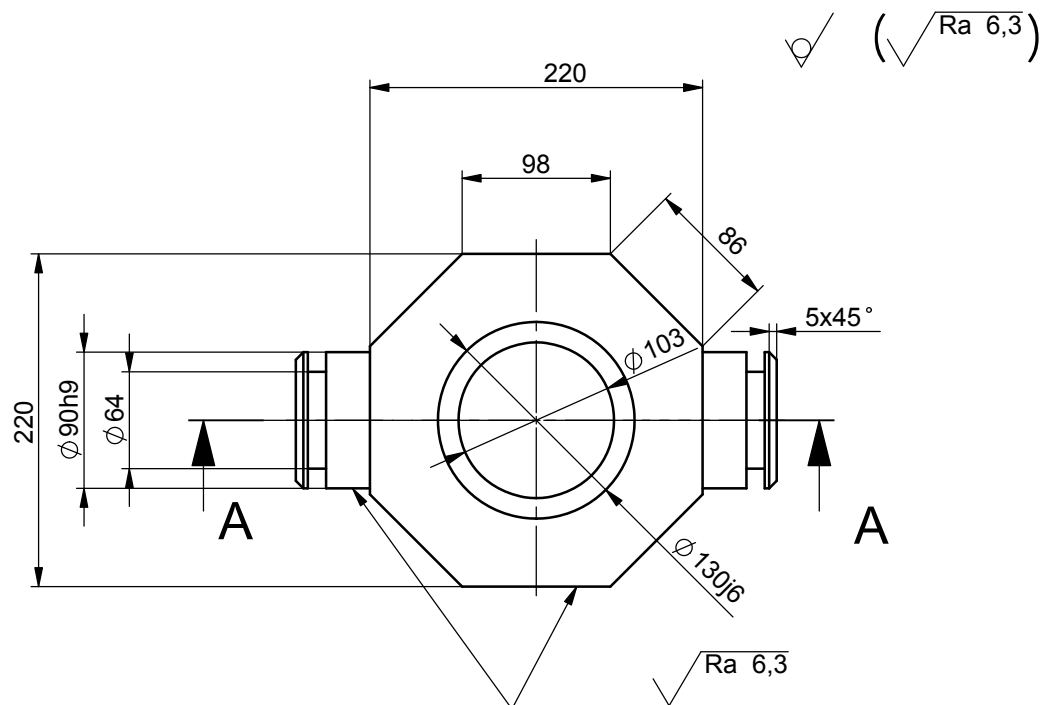
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 0,39 kg	ZAVRŠNI RAD	
 Mjerilo originala M 1:1	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
	Veza užeta s bubnjem		6	Listova: 1
	Crtež broj: LK-1000-200-8			List: 1



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

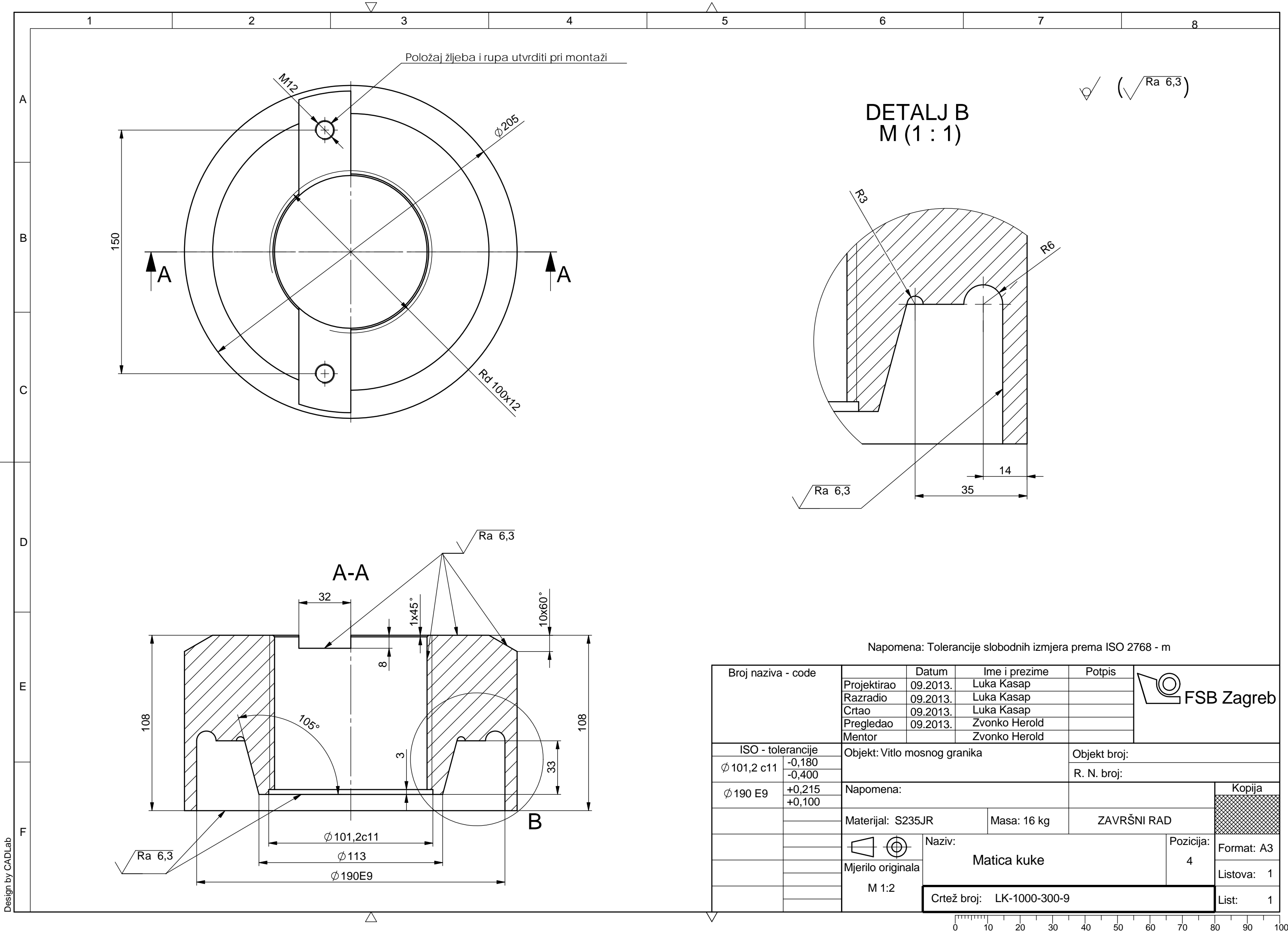
16	Osiguravajuća pločica kuke	1	LK-1000-300-3	S235JR	190x32x8	0,36 kg
15	Vijak s šestierokutnom glavom	2	HRN EN ISO 4017	10.9	M12 x 25	
14	Podložna pločica	2	HRN EN ISO 7089	300 HV	B13	
13	Vijak s šestierokutnom glavom	4	HRN EN ISO 4017	10.9	M8 x 40	
12	Pločica za osiguranje nosača kuke	2	LK-1000-300-4	S235JR	100x110	0,88 kg
11	Podložna pločica	16	HRN EN ISO 7089	300 HV	B8.3	
10	Uskočnik	2	HRN M.C2.401		ø140x4	
9	Vijak s šestierokutnom glavom	12	HRN EN ISO 4017	10.9	M8 x 35	
8	Bočni lim sklopa kuke	2	LK-1000-300-5	S235JR	704x170x450	19,1 kg
7	Sklop užnice kuke	2	LK-1000-300-6	S235JR	ø640x160	90 kg
6	Osovina užnice	1	LK-1000-300-7	S235JR	ø180x644	94,7 kg
5	Nosači lim kuke	2	LK-1000-300-8	S235JR	740x500x29	81,2 kg
4	Matica kuke	1	LK-1000-300-9	S235JR	ø205x113	15,1 kg
3	Ležaj	1	51226		SKF	
2	Kuka	1	HV25	S335JR		160 kg
1	Nosač kuke	1	LK-1000-300-10	S235JR	318x220x105	29,3 kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Broj crteža	Norma	Tip	Materijal	Sirove dimenzije	Proizvođač	Masa
Broj naziva - code									
	Projektirao	09.2013.	Ime i prezime	Luka Kasap					
	Razradio	09.2013.	Luka Kasap						
	Crtao	09.2013.	Luka Kasap						
	Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold						
	Voditelj rada		Zvonko Herold						
ISO - tolerancije									
ø 90 E9/h9									
ø 140 E9/h9									
Naslov rada:									
VITLO MOSNOG GRANIK									
Objekt: Vitlo mosnog granika									
R. N. broj:									
Smjer: KONSTRUKCIJSKI									
Materijal:									
Masa: 600 kg									
ZAVRŠNI RAD									
Naziv:									
Sklop kuke									
Pozicija:									
4									
Format: A1									
Listova: 1									
List: 1									
Crtež broj: LK-1000-300									

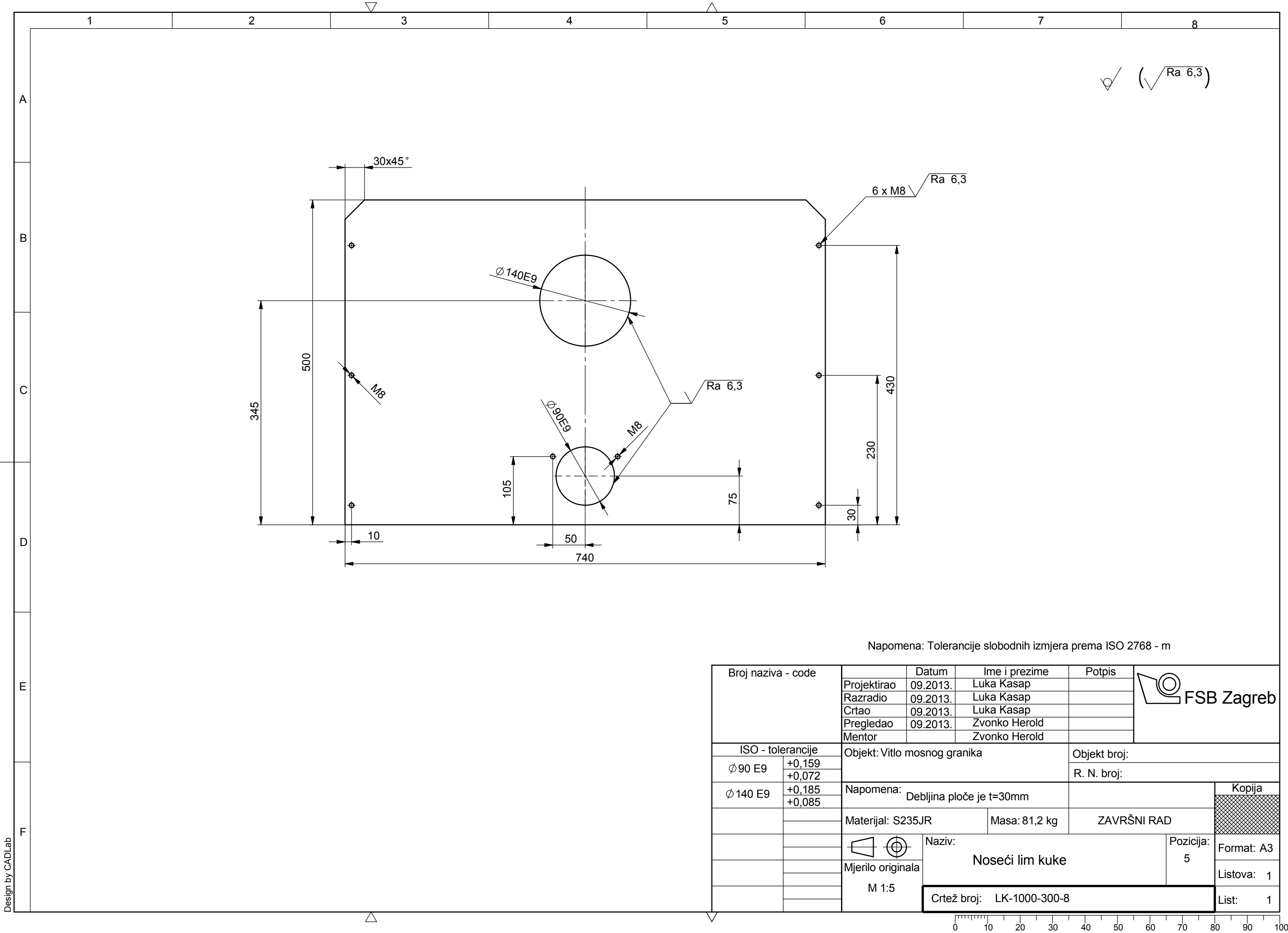


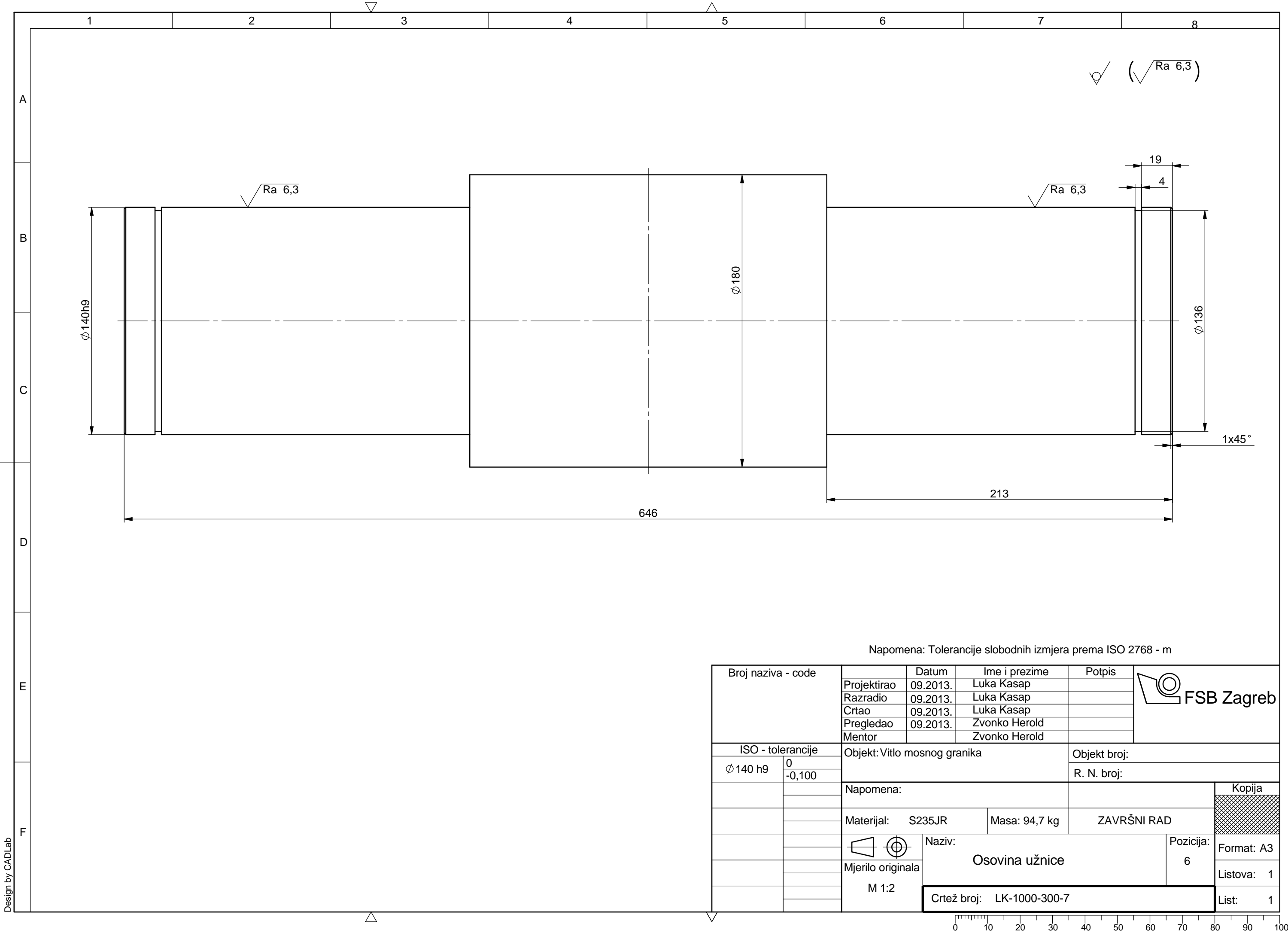
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

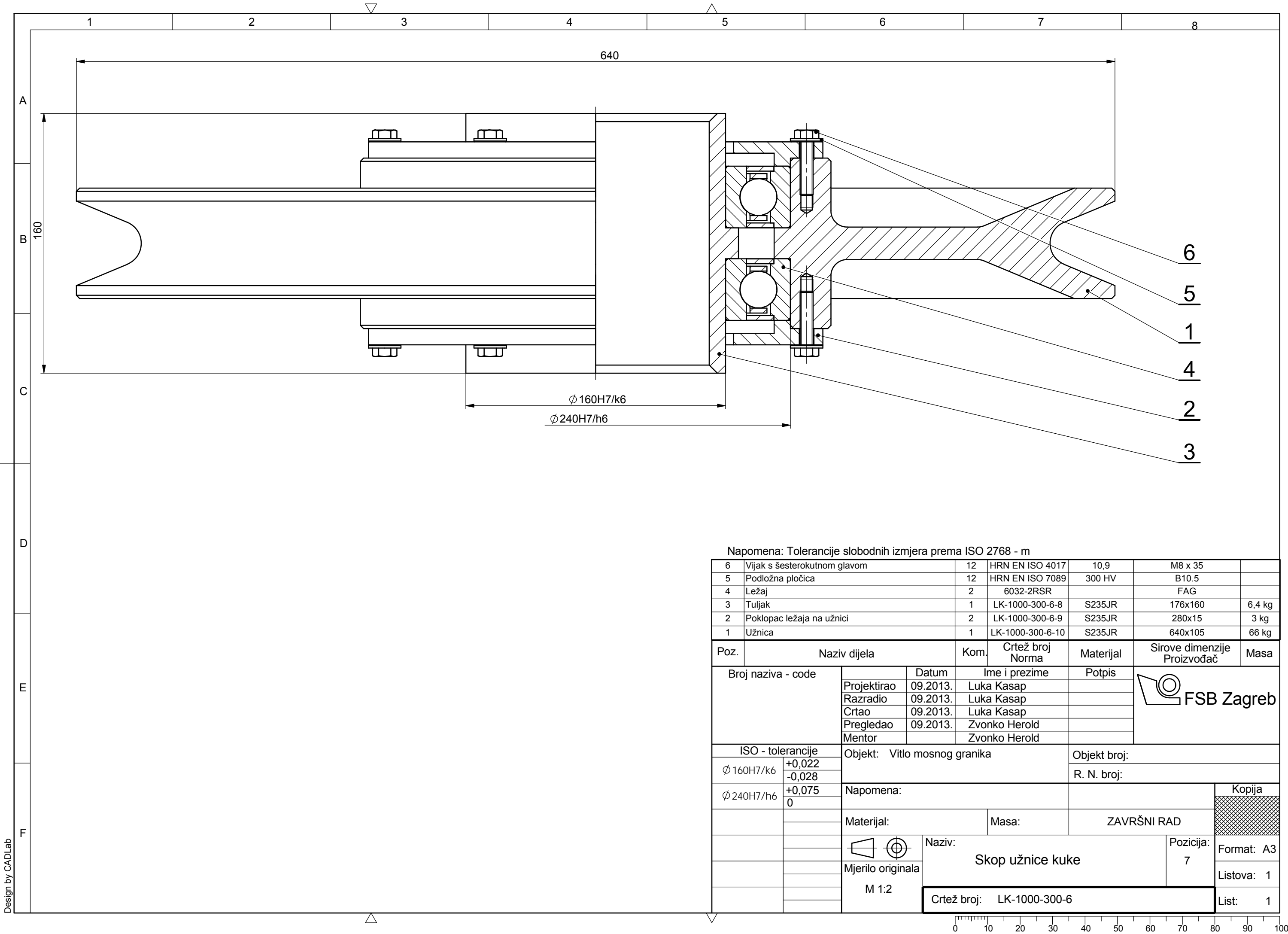
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis		<div>FSB Zagreb</div>			
		Projektirao		09.2013.		Luka Kasap					
		Razradio		09.2013.		Luka Kasap					
		Crtao		09.2013.		Luka Kasap					
		Pregledao		09.2013.		Zvonko Herold					
Voditelj rada				Zvonko Herold							
ISO - tolerancije		Naslov rada:				Objekt: Vitlo mosnog granika					
Ø 90 h9	0	VITLO MOSNOG GRANIKA				R. N. broj:					
	-0,087										
Ø 130 j6	+0,014	Napomena:									
	-0,011										
		Materijal: S235JR		Masa: 29,3 kg		ZAVRŠNI RAD		<div>Kopija</div> <div></div>			
				Naziv:		Pozicija:				Format: A4	
		Mjerilo originala								Nosač kuke	
		M 1:5		Crtež broj: LK-1000-300-10		List:				1	







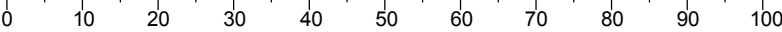




Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

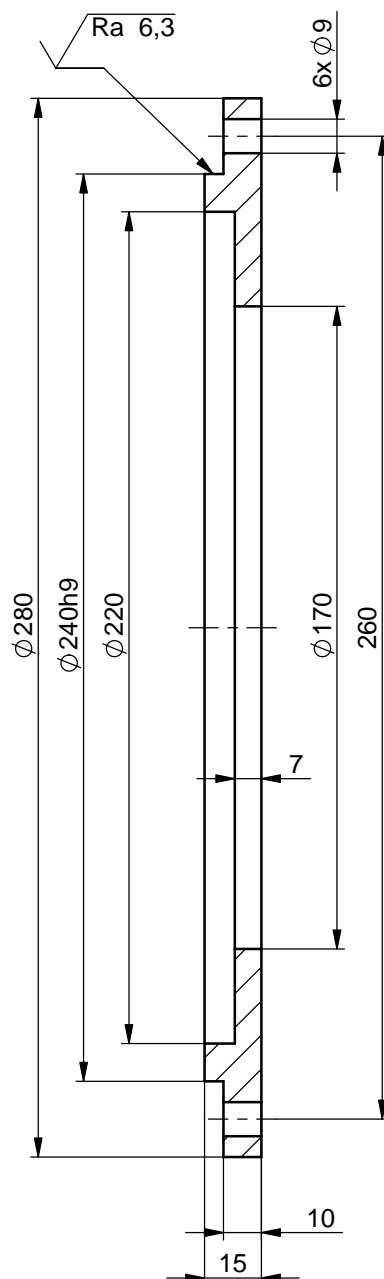
6	Vijak s šesterokutnom glavom	12	HRN EN ISO 4017	10,9	M8 x 35	
5	Podložna pločica	12	HRN EN ISO 7089	300 HV	B10.5	
4	Ležaj	2	6032-2RSR		FAG	
3	Tuljak	1	LK-1000-300-6-8	S235JR	176x160	6,4 kg
2	Poklopac ležaja na užnici	2	LK-1000-300-6-9	S235JR	280x15	3 kg
1	Užnica	1	LK-1000-300-6-10	S235JR	640x105	66 kg

Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa	
Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap				
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap				
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap				
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold				
		Mentor		Zvonko Herold				
ISO - tolerancije		Objekt: Vitlo mosnog granika			Objekt broj:			
Ø 160H7/k6	+0,022 -0,028				R. N. broj:			
Ø 240H7/h6		Napomena:						
	+0,075 0							
		Materijal:		Masa:	ZAVRŠNI RAD		 Kopija	
				Naziv:				Pozicija:
		Mjerilo originala		Skop užnice kuke			7	Format: A3
								Listova: 1
		M 1:2		Crtež broj: LK-1000-300-6			List: 1	

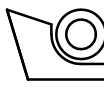
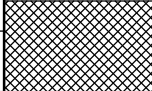




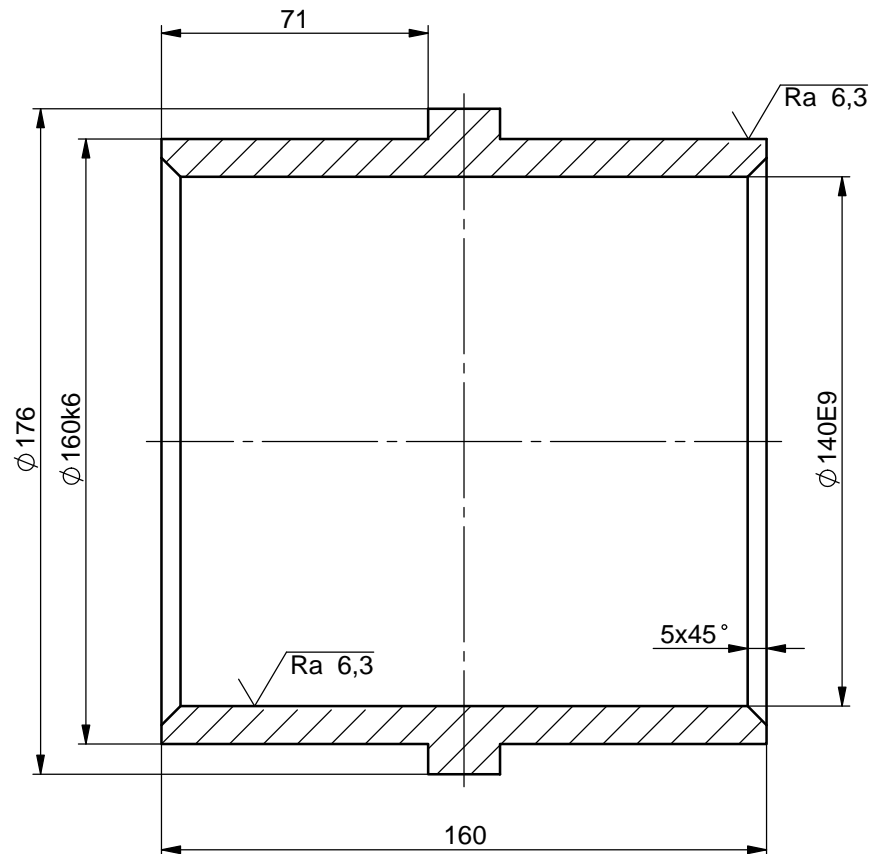
✓ (✓ Ra 6,3)



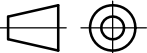
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

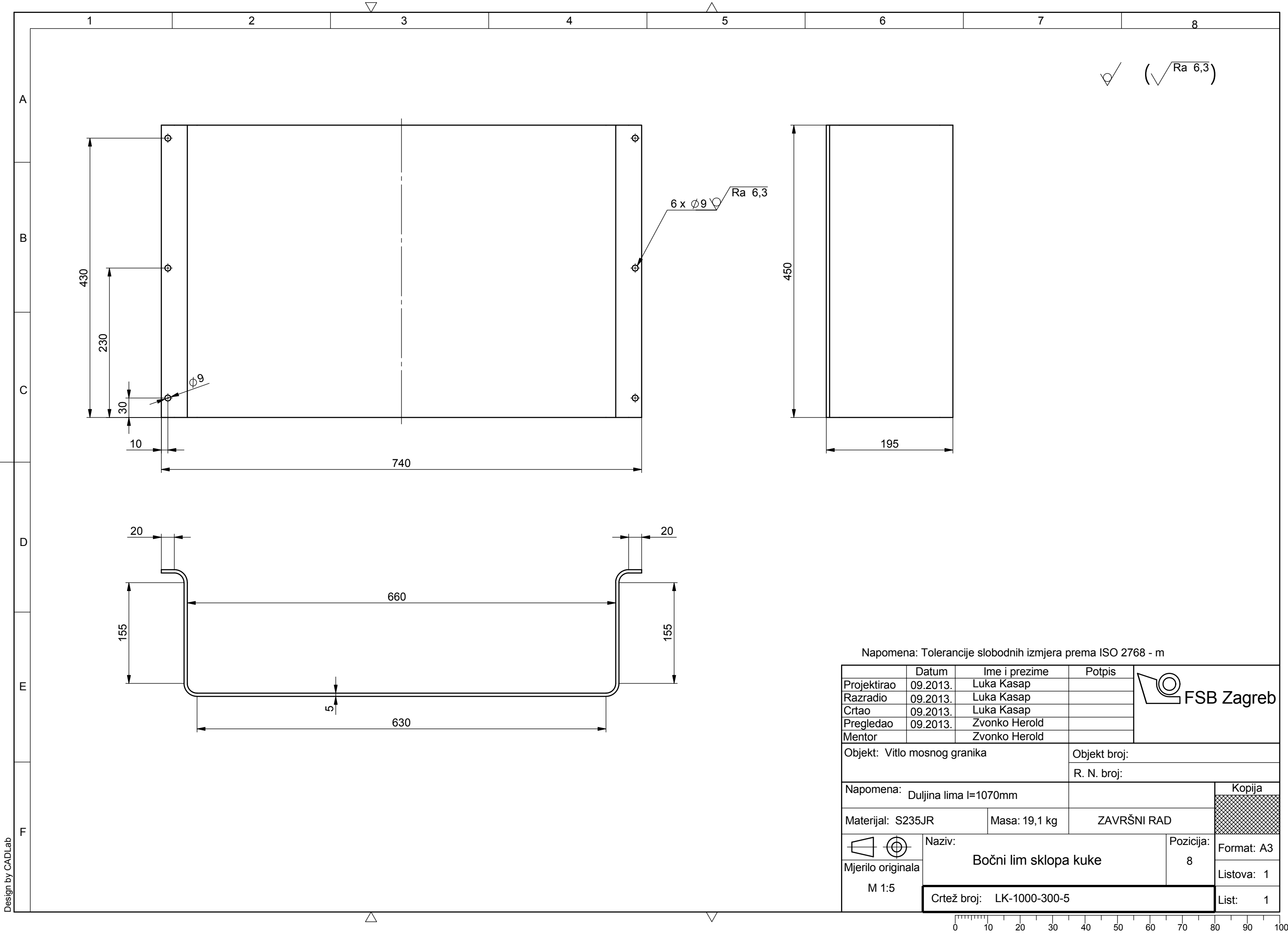
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>	
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
		Voditelj rada	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
Ø 240 h9	0 -0,115	VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
		Napomena:			Kopija	
		Materijal: S235JR	Masa: 3 kg	ZAVRŠNI RAD		
		Naziv:				Pozicija:
		Poklopac ležaja na užnici				2
		Crtež broj: LK-1000-300-6-9				List: 1
		Mjerilo originala			Format: A4	
		M 1:2			Listova: 1	
					List: 1	

✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

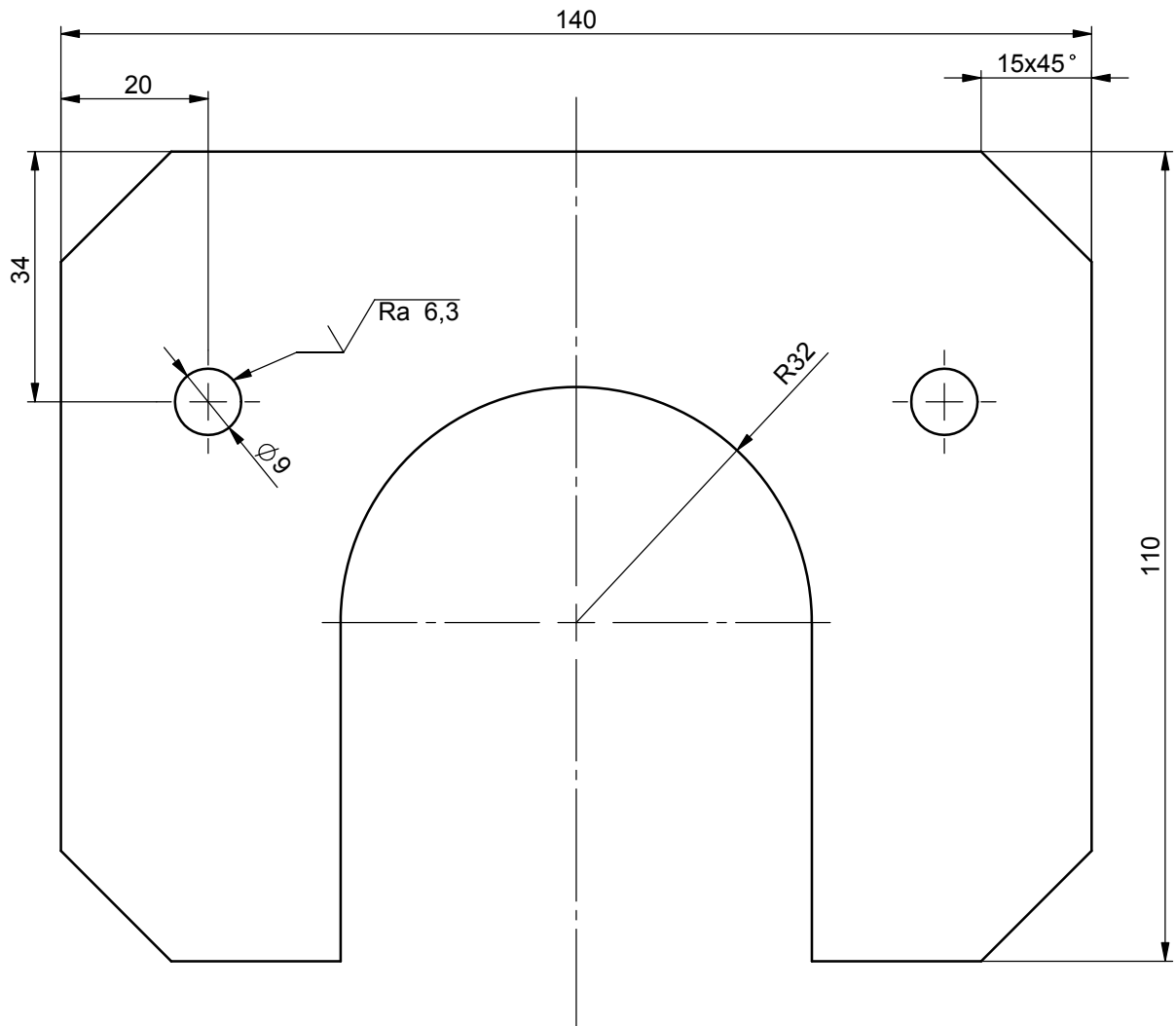
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap			
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap			
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap			
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold			
		Voditelj rada		Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Naslov rada:  VITLO MOSNOG GRANIKA			Objekt: Vitlo mosnog granika		
Ø 140 E9	+0,185 +0,085				R. N. broj:		
	Ø 160 k6	+0,028 +0,003	Napomena:			Kopija	
			Materijal: S235JR	Masa: 6,4 kg	ZAVRŠNI RAD		
			Naziv:			Pozicija:	
		Mjerilo originala	Tuljak			3	Format: A4
							Listova: 1
		M 1:2	Crtež broj: LK-1000-300-6-8				List: 1



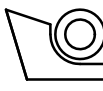
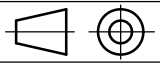
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Mentor		Zvonko Herold		
Objekt: Vitlo mosnog granika			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena: Duljina lima l=1070mm				Kopija
Materijal: S235JR			Masa: 19,1 kg	ZAVRŠNI RAD
	Naziv:			Pozicija:
Mjerilo originala  M 1:5	Bočni lim sklopa kuke			8
	Crtež broj: LK-1000-300-5			List: 1

✓ (✓ Ra 6,3)

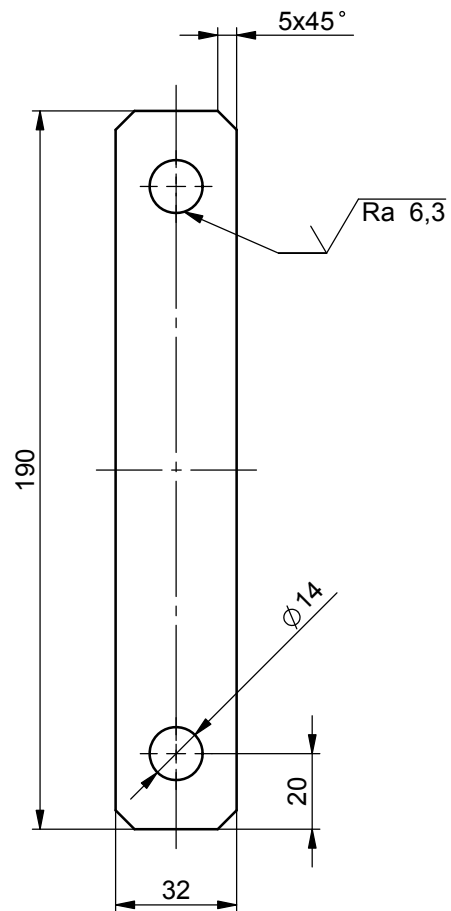


Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

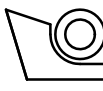
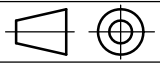
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena: Debljina lima t=11mm				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 0,88 kg	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala	Pločica za osiguranje nosača kuke		12	Listova: 1
M 1:1	Crtež broj: LK-1000-300-4			List: 1

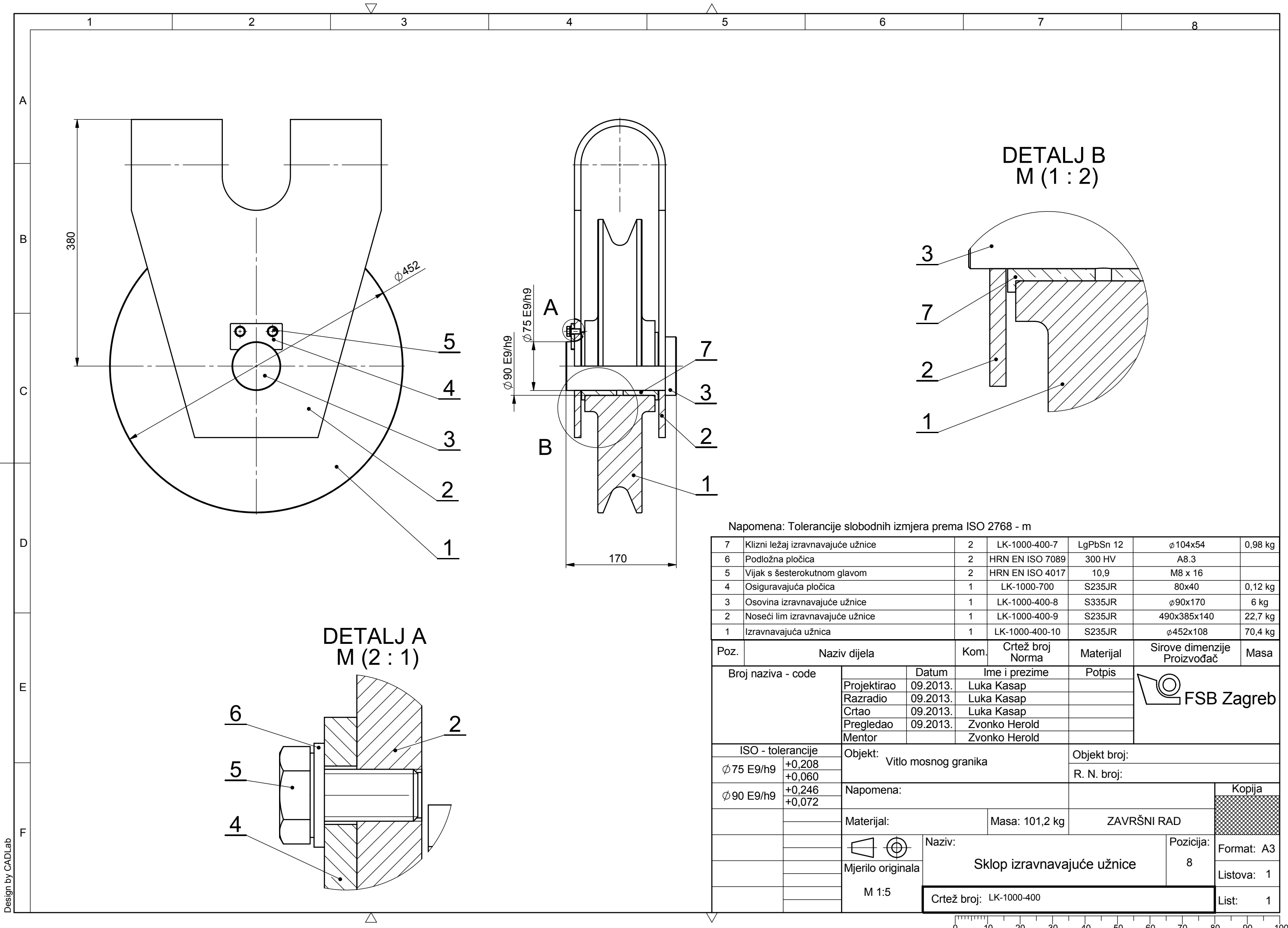


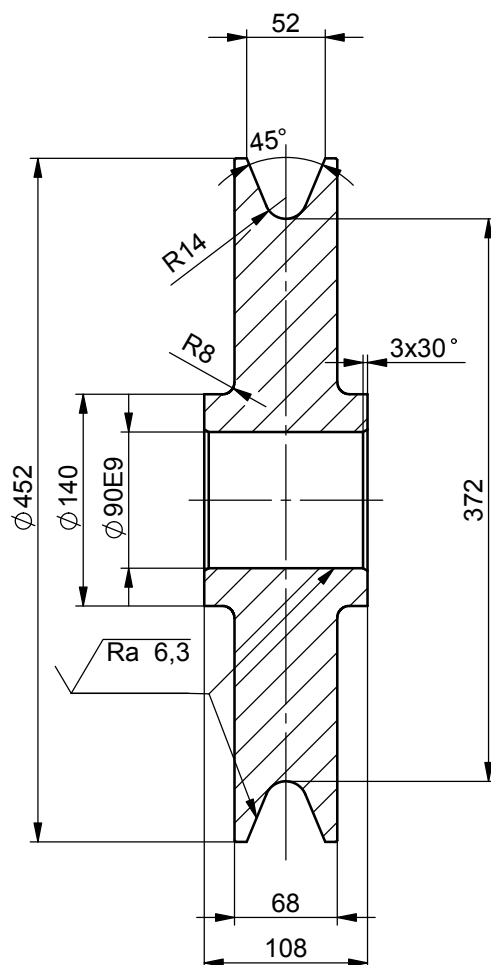
✓ (✓ Ra 6,3)




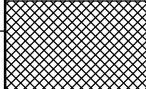
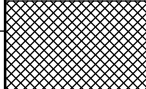

Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

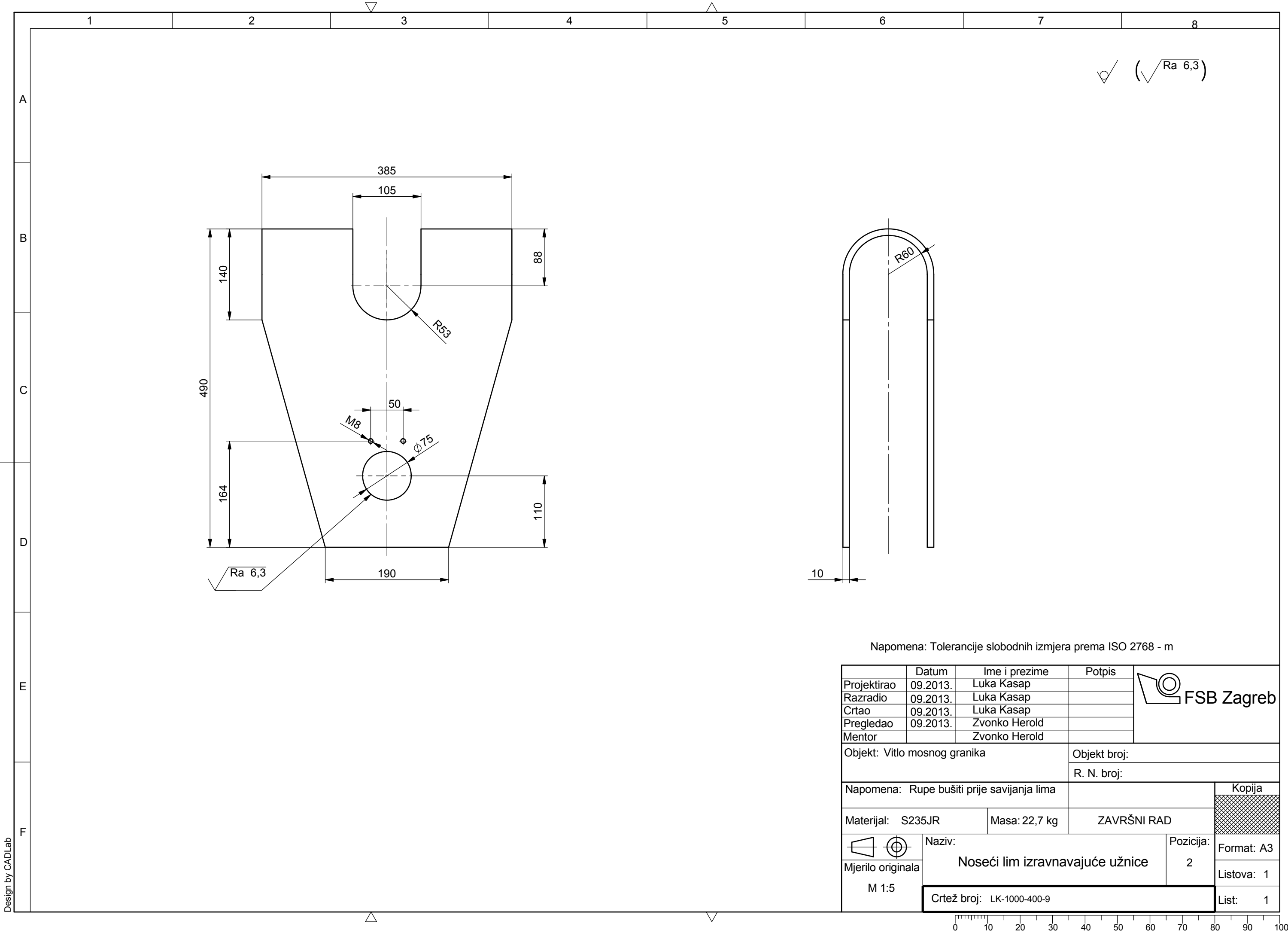
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena: Debljina pločice t=8mm				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 0,36 kg	ZAVRŠNI RAD	
 Mjerilo originala M 1:1	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
	Osiguravajuća pločica kuke		17	Listova: 1
	Crtež broj: LK-1000-300-3			List: 1



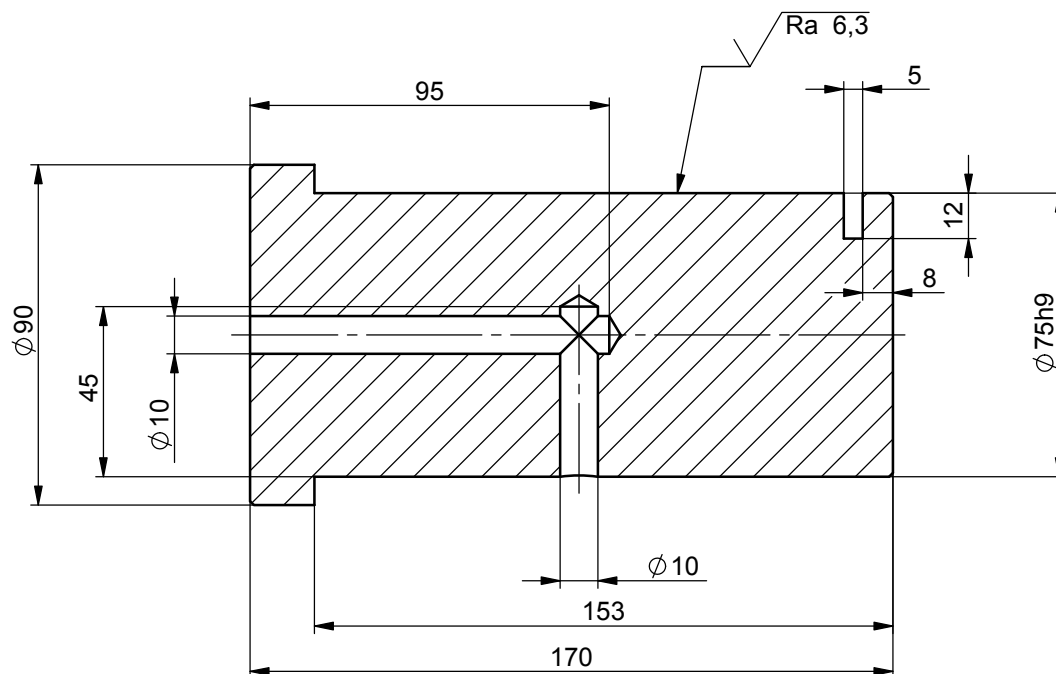


Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap	
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap	
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap	
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold	
		Voditelj rada		Zvonko Herold	
ISO - tolerancije		Naslov rada:  VITLO MOSNOG GRANIKA			Objekt: Vitlo mosnog granika
Ø 90 E9	+0,159				R. N. broj:
	+0,072				
		Napomena:			Kopija
					
		Materijal: S235JR	Masa: 70,4 kg	ZAVRŠNI RAD	
			Naziv:		Pozicija:
			Izravnavajuća užnica		1
		Mjerilo originala	Format: A4		
		M 1:5	Listova: 1		
			List: 1		
		Crtež broj: LK-1000-400-10			



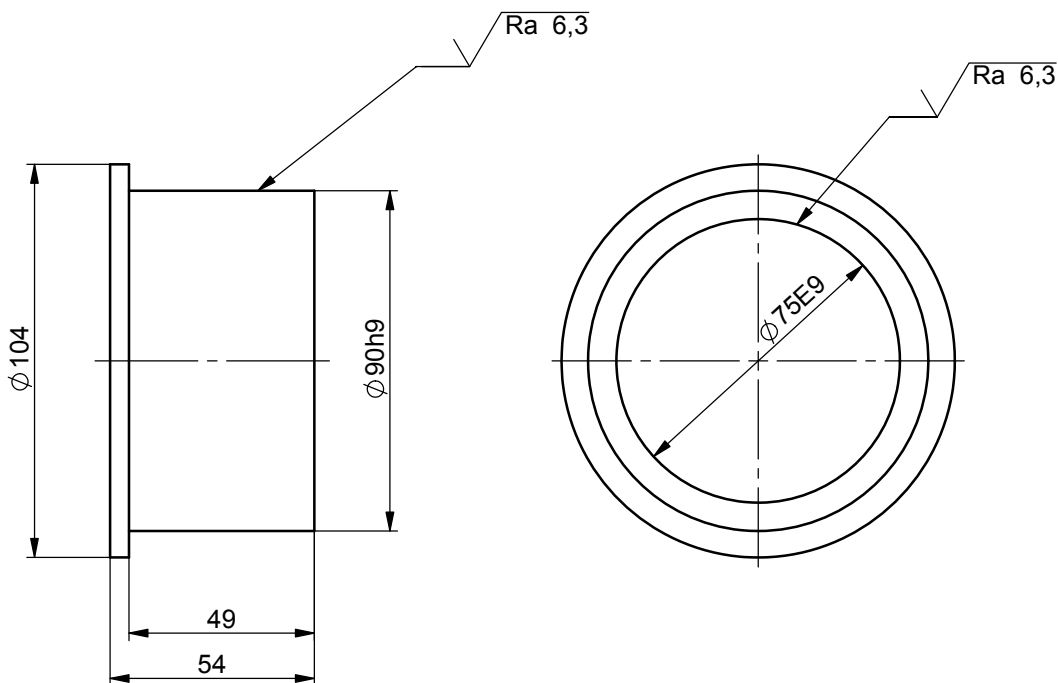
✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
		Voditelj rada		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Naslov rada:  VITLO MOSNOG GRANIKA		Objekt: Vitlo mosnog granika		
Ø 75 h9	0 -0,074			R. N. broj:		
		Napomena: Skositi bridove 1x45°			Kopija	
		Materijal: S335JR	Masa: 6 kg	ZAVRŠNI RAD		
			Naziv:  Osovina izravnavajuće užnice		Pozicija:	Format: A4
		Mjerilo originala			3	Listova: 1
		M 1:2	Crtež broj: LK-1000-400-8			List: 1

✓ (✓ Ra 6,3)

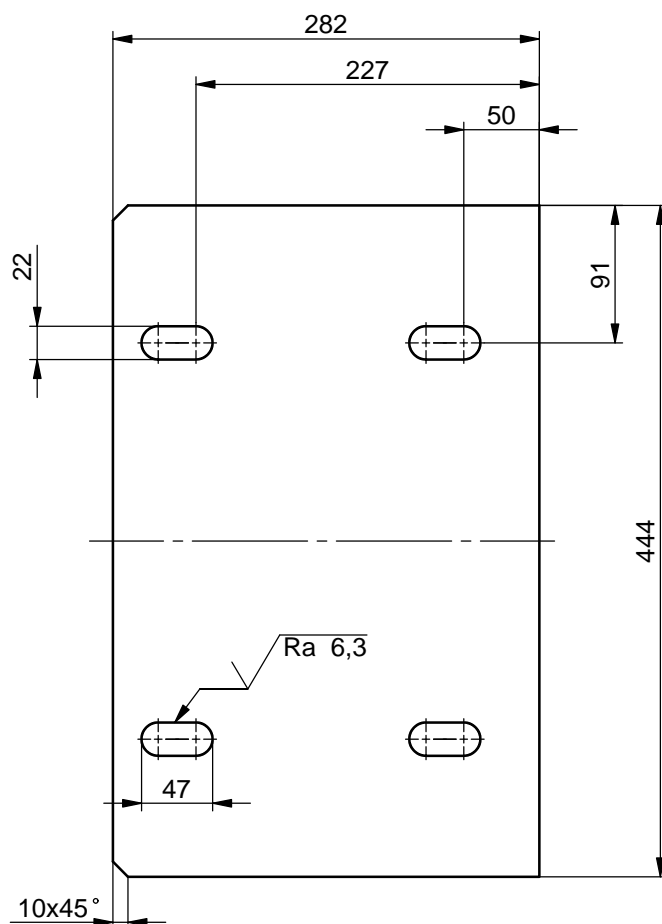


Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

Broj naziva - code			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
		Voditelj rada		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Naslov rada:  VITLO MOSNOG GRANIKA			Objekt: Vitlo mosnog granika	
∅ 90 h9	0 -0,087				R. N. broj:	
∅ 75 E9	+0,134 +0,060	Napomena:				Kopija
		Materijal: LgPbSn 12	Masa: 0,98 kg	ZAVRŠNI RAD		
			Naziv:  Klizni ležaj izravnavajuće užnice			Pozicija:  7
		Mjerilo originala  M 1:2	Crtež broj: LK-1000-400-7			Listova: 1
						List: 1



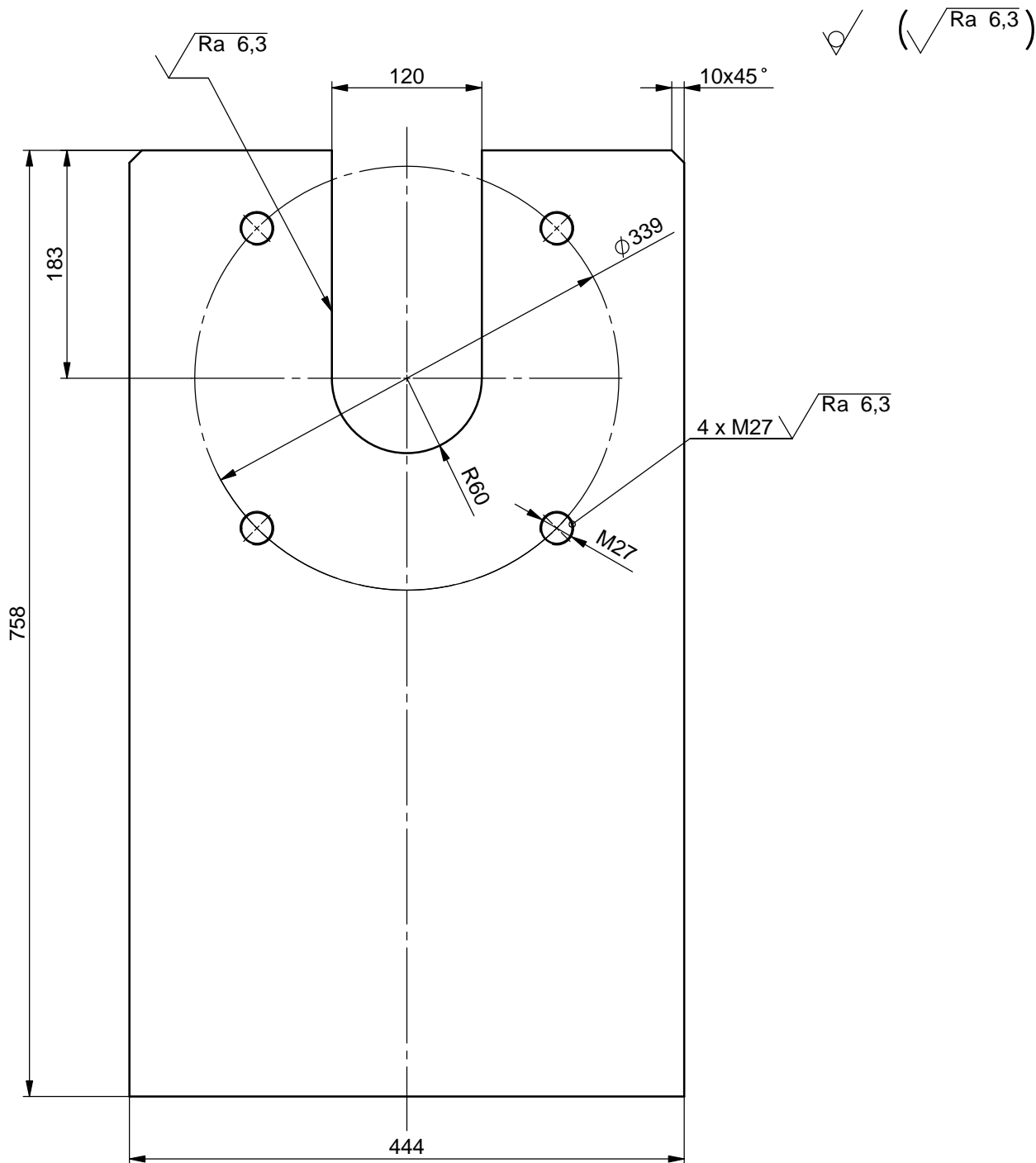
✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

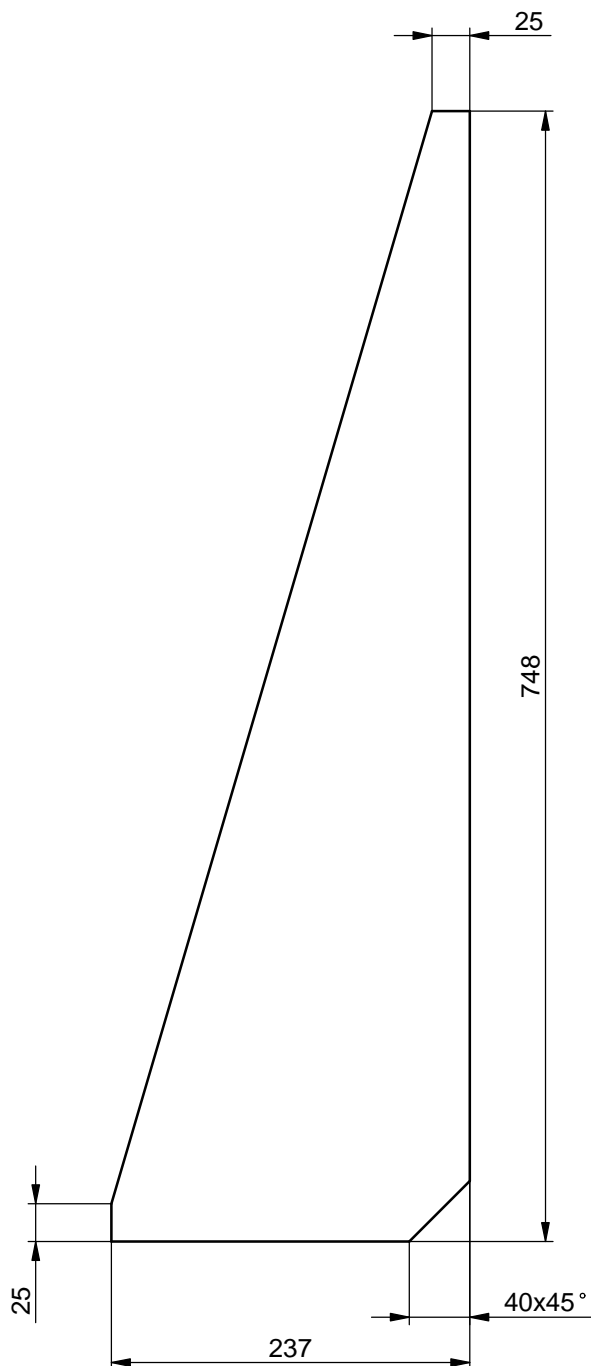
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena: Debljina lima t=25mm				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 23,7 kg	ZAVRŠNI RAD	
 Mjerilo originala M 1:5	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
	Oslonac bubnja		1	Listova: 1
	Crtež broj: LK-1000-500-10			List: 1





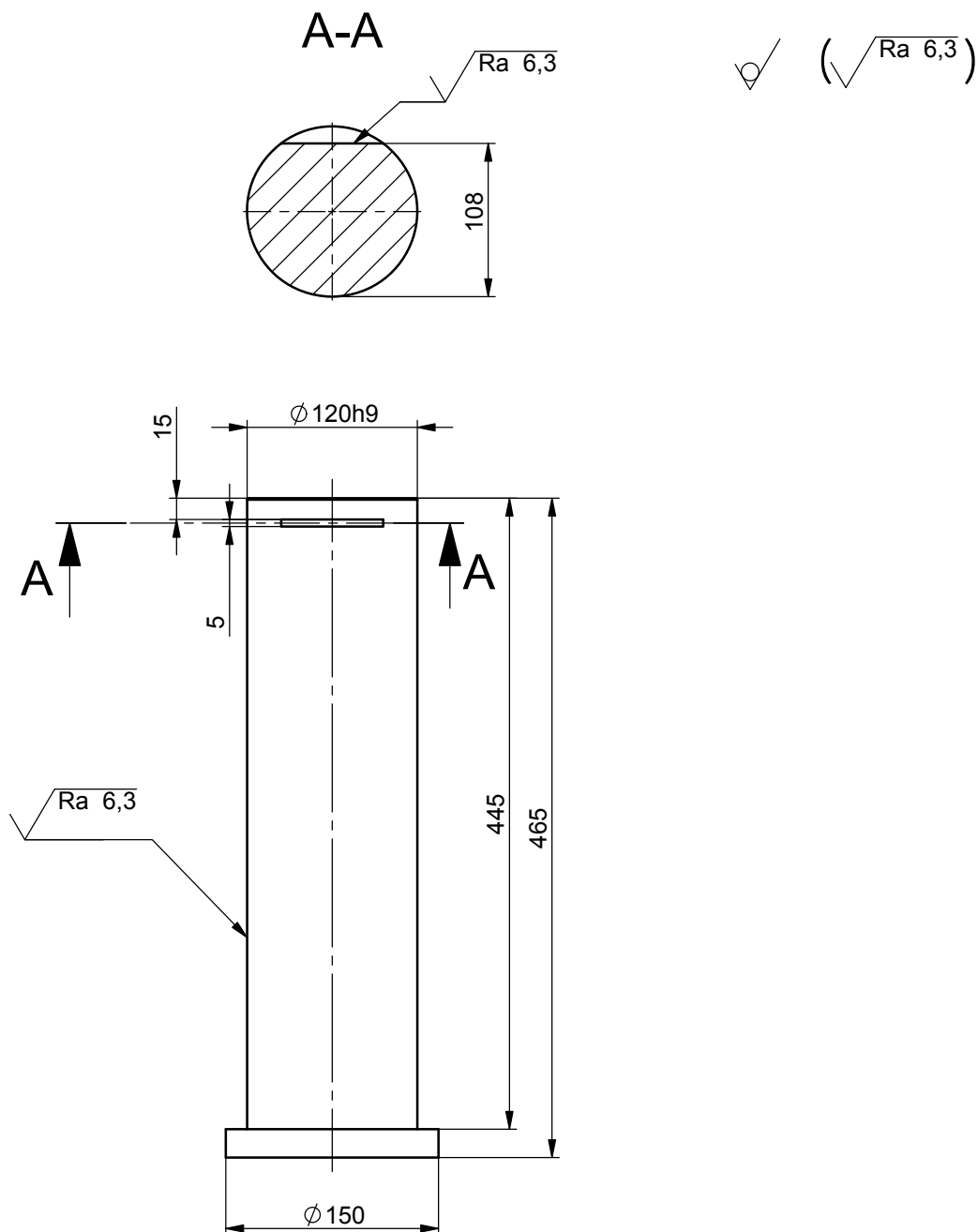
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena: Debljina lima t=25mm				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 59,8 kg	ZAVRŠNI RAD	
 Mjerilo originala M 1:5	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
	Oslonac bubnja vertikalni		2	Listova: 1
	Crtež broj: LK-1000-500-9			List: 1

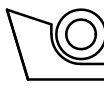


Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

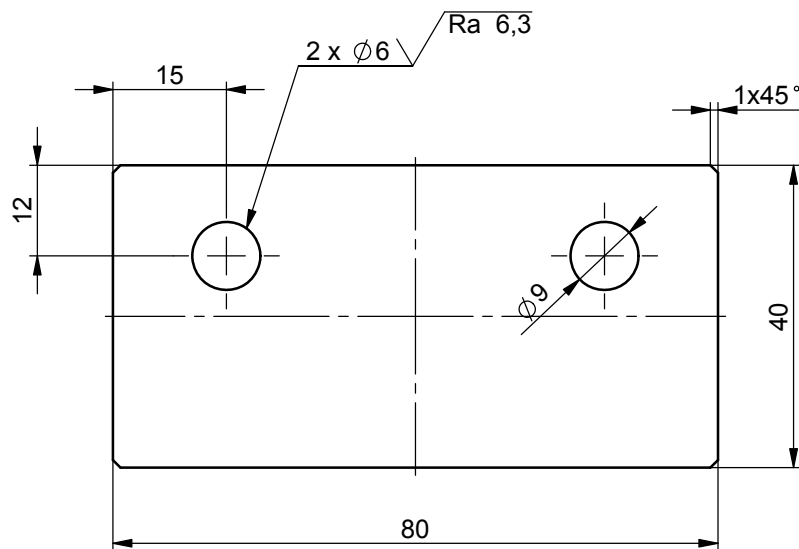
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena: Debljina lima t=10mm				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 7,8 kg	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv:		Pozicija:	
Mjerilo originala	Ukruta oslonca bubnja		3	
M 1:5	Crtež broj: LK-1000-500-8			Format: A4
				Listova: 1
				List: 1



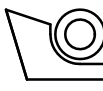
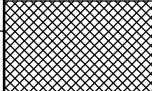
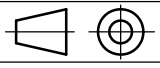
Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>
		Projektirao	09.2013.	Luka Kasap	
		Razradio	09.2013.	Luka Kasap	
		Crtao	09.2013.	Luka Kasap	
		Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold	
		Voditelj rada		Zvonko Herold	
ISO - tolerancije		Naslov rada: <b>VITLO MOSNOG GRANIKA</b>			Objekt: Vitlo mosnog granika
$\phi 120\ h9$	0 -0,087				R. N. broj:
		Napomena:			Kopija
		Materijal: S235JR      Masa: 42 kg      ZAVRŠNI RAD			
		Naziv: <b>Noseća osovina izravnavajuće užnice</b>			Format: A4
		Mjerilo originala			Listova: 1
		M 1:5			List: 1
		Crtež broj: LK-1000-600			

✓ (✓ Ra 6,3)



Napomena: Tolerancije slobodnih izmjera prema ISO 2768 - m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>
Projektirao	09.2013.	Luka Kasap		
Razradio	09.2013.	Luka Kasap		
Crtao	09.2013.	Luka Kasap		
Pregledao	09.2013.	Zvonko Herold		
Voditelj rada		Zvonko Herold		
Naslov rada:			Objekt: Vitlo mosnog granika	
VITLO MOSNOG GRANIKA			R. N. broj:	
Napomena: Debljina pločice t=5mm				Kopija
Materijal: S235JR		Masa: 0,12 kg	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv:		Pozicija:	
Mjerilo originala	Osiguravajuća pločica		Format: A4	
M 1:1	Crtež broj: LK-1000-700			Listova: 1
				List: 1